

VŠB – Technická univerzita Ostrava  
Fakulta strojní  
Katedra mechanické technologie

## **Studium povrchové úpravy substrátu na přilnavost povlaku**

(Study of the Surface Treatment Substrate  
on Adhesive of the Coating)

Student:

Jiří Polách

Vedoucí diplomové práce:

doc. Ing. Jitka Podjuklová, CSc.

Ostrava 2012

## Zadání bakalářské práce

Student:

**Jiří Polách**

Studijní program:

B2341 Strojírenství

Studijní obor:

2303R002 Strojírenská technologie

Téma:

Studium povrchové úpravy substrátu na přilnavost povlaku  
Study of the Surface Treatment Substrate on Adhesive of the Coating

Zásady pro vypracování:

1. Prostudujte vlastnosti povrchu ocelového substrátu.
2. Prostudujte technologie povrchové úpravy substrátu před aplikací ochranného povlaku.
3. Prostudujte vliv povrchové úpravy na adhezi povlaku.
4. Navrhněte metodiku experimentálních prací.
5. Zpracujte technickou zprávu.

Seznam doporučené odborné literatury:

- MOHYLA, M.: *Technologie povrchových úprav kovů*. Učební texty VŠB – TU Ostrava, 2006. 3. vydání. 156 s. ISBN 80-248-1217-7.
- PODJUKLOVÁ, J.: *Speciální technologie povrchových úprav I*. Učební texty VŠB – TU Ostrava, 1994. 1. vydání. 71 s. ISBN 80-7078-235-8.
- BROCK, T., GROTEKLAES, M., MISCHKE, P.: *European Coating Handbook*. Vincentz Verlag, Hannover, Germany, 2000. 410 s. ISBN 3-87870-559-X.

Formální náležitosti a rozsah bakalářské práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.


Vedoucí bakalářské práce: **doc. Ing. Jitka Podjuklová, CSc.**

Datum zadání: 16.12.2011

Datum odevzdání: 21.05.2012

  
prof. Ing. Jiří Hrubý, CSc.  
vedoucí katedry



  
prof. Ing. Radim Farana, CSc.  
děkan fakulty

Prohlašuji, že jsem celou bakalářskou práci včetně příloh vypracoval samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a uvedl jsem všechny použité podklady a literaturu.

V Ostravě 21.5.2012 .....

.....  
podpis studenta

Prohlašuji, že:

- jsem byl seznámen s tím, že na moji bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., autorský zákon, zejména § 35 – užití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a užití díla školního a § 60 – školní dílo.
- beru na vědomí, že Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen „VŠB-TUO“) má právo nevýdělečně ke své vnitřní potřebě bakalářskou práci užít (§ 35 odst. 3).
- souhlasím s tím, že bakalářská práce bude v elektronické podobě uložena v Ústřední knihovně VŠB-TUO k nahlédnutí a jeden výtisk bude uložen u vedoucího bakalářské práce. Souhlasím s tím, že údaje o kvalifikační práci budou zveřejněny v informačním systému VŠB-TUO.
- bylo sjednáno, že s VŠB-TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona.
- bylo sjednáno, že užít své dílo – bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem VŠB-TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB-TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše).
- beru na vědomí, že odevzdáním své práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, bez ohledu na výsledek její obhajoby.

V Ostravě : 21.5.2012.....

.....  
Podpis

Jméno a příjmení autora práce: Jiří Polách

Adresa trvalého pobytu autora práce: Zahradní 495, 788 15 Velké Losiny

## ANOTACE BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

POLÁCH, Jiří. *Studium povrchové úpravy substrátu na přilnavost povlaku*. Ostrava: Katedra mechanické technologie, Fakulta strojní VŠB – Technická univerzita Ostrava, 2012, 59 s., Bakalářská práce, vedoucí doc. Ing. Jitka Podjuklová, Csc..

Bakalářská práce se zabývá studiem povrchových úprav substrátu na přilnavost povlaku. V teoretické části práce jsou popsány vlastnosti povrchu, technologie mechanických a chemických úprav před aplikací nátěrového systému. Dále jsou zde popsány nátěrové systémy samotné a jejich aplikace na povrch substrátu. Experimentální část práce je zaměřena na provedení a vyhodnocení zkoušek přilnavosti daného nátěrového systému. Jedná se o porovnání nátěrových systémů na bázi alkydové pryskyřice s příměsí třech různých obsahů pigmentu fosforečnanu zinečnatého – ZP10 v klasické mikro velikosti. Na vzorcích byly provedeny zkoušky přilnavosti - mřížková zkouška a křížový řez a zkouška korozní odolnosti nátěrového systému. Nejlepší výsledky korozní odolnosti vykazoval nátěr s nejmenším obsahem pigmentu ZP 10.

## ANNOTATION OF BACHELOR THESIS

POLÁCH, Jiří. *Study of the Surface Treatment Substrate on Adhesive of the Coating*. Ostrava: Department of Mechanical Technology, Faculty of Mechanical Engineering VŠB – Technical university of Ostrava, 2012, 59 s., Bachelor thesis, head doc. Ing. Jitka Podjuklová, Csc..

The thesis studies the surface treatment of the substrate to the coating adhesion. The theoretical part describes the properties of the surface, technology of mechanical and chemical treatments before applying the coating system. Additionally, there are described the actual coating systems and their application to the surface of the substrate. The experimental part is focused on the performance and evaluation of the tests of the adhesion of the coating system. This is a comparison of a coating systems based on alkyd resin blended with a three different contents of zinc phosphate pigment - ZP10 in classic micro size. The samples were carried out several tests of adhesion: grid test, cross-cut test and test of the corrosion resistance of the coating system. The best results showed the corrosion resistance coating with the lowest pigment content of ZP 10.

# OBSAH

Seznam použitého značení .....	8
0. ÚVOD .....	9
1. POVRCH A JEHO VLASTNOSTI.....	10
1.1. Definice povrchu .....	10
1.2. Mikrogeometrie povrchu.....	11
1.3. Drsnost povrchu .....	12
2. POVCHOVÉ ÚPRAVY SUBSTRÁTU PŘED APLIKACÍ OCHRANNÉHO POVLAKU .....	14
2.1. Definice povrchových úprav .....	14
2.2. Mechanické úpravy povrchu .....	15
2.2.1. Otryskávání .....	15
2.2.2. Omílání.....	17
2.2.3. Broušení, kartáčování, leštění .....	19
2.3. Chemické úpravy povrchu .....	19
2.3.1. Odmašťování.....	19
2.3.2. Moření .....	20
3. VLIV POVRCHOVÉ ÚPRAVY NA ADHEZI POVLAKU .....	21
3.1. Nátěrové systémy – organické povlaky .....	21
3.1.1. Nátěrové hmoty a nátěry .....	22
3.1.2. Složení nátěrových hmot.....	22
3.1.3. Rozdělení nátěrových hmot .....	23
3.1.4. Složky nátěrových hmot.....	24
3.1.5. Fosforečnan zinečnatý – antikorozi pigment pro eko. nátěrové hmoty .....	24
3.1.6. Nanášení nátěrových hmot.....	25
4. NÁVRH METODIKY EXPERIMENTÁLNÍCH PRACÍ.....	28
5. EXPERIMENTÁLNÍ PRÁCE.....	29
5.1. Experimentální materiál .....	29
5.2. Chemický rozbor povrchu pomocí řádkového elektronkového mikroanalýzátoru (SEM analýza).....	30
5.2.1. Chemický rozbor povrchu Standardu .....	31
5.2.2. Chemický rozbor fosforečnanu zinečnatého .....	32
5.3. Hodnocení zaprášenosti dle ČSN ISO 8502-3 .....	34

5.4. Měření drsnosti povrchu dle normy ČSN EN ISO 4287 .....	35
5.5. Použitý nátěrový systém .....	38
5.6. Aplikace nátěrů na vzorky .....	38
5.7. Vytvrzování (sušení) nátěrů .....	38
5.8. Kontrola tloušťky suché vrstvy dle ČSN EN ISO 2808 .....	39
5.9. Zkouška přilnavosti mřížkovou metodou a kříž. řezem dle ČSN ISO 16276-2 .....	40
5.9.1. Mřížka .....	40
5.9.2. Křížový řez.....	42
5.10. Korozní zkouška dle ČSN ISO 9227 .....	43
5.10.1. Vyhodnocení degradace nátěru .....	44
5.10.2. Fotodokumentace vzorků před vložením do korozní komory .....	45
5.10.3. Fotodokumentace vzorků po 24 hod. v korozní komoře .....	46
5.10.4. Fotodokumentace vzorků po 72 hod. v korozní komoře .....	47
6. <b>ZÁVĚR</b> .....	48
Seznam použité literatury.....	50
Seznam obrázků .....	53
Seznam tabulek .....	54
Seznam grafů.....	55

## Seznam použitého značení

<b>Značka</b>	<b>Popis</b>	<b>Jednotka</b>
<b>ČSN</b>	Česká státní norma	
<b>EN</b>	Evropská norma	
<b>ISO</b>	Mezinárodní norma	
<b>Ra</b>	Průměrná aritmetická úchylka posuzovaného profilu	[ $\mu\text{m}$ ]
<b>Rz</b>	Největší výška profilu	[ $\mu\text{m}$ ]
<b>Rq</b>	Střední kvadratická úchylka profilu	[ $\mu\text{m}$ ]
<b>Rp</b>	Největší výška výstupků profilu	[ $\mu\text{m}$ ]
<b>Rv</b>	Největší hloubka prohlubní profilu	[ $\mu\text{m}$ ]
<b>Rsk</b>	Šikmost posuzovaného profilu (součinitel asymetrie)	
<b>Rku</b>	Špičatost posuzovaného profilu	
<b>A5</b>	Tažnost	[%]
<b><math>\lambda_c</math></b>	Filtr, který definuje rozhraní mezi složkami drsnosti a vlnitosti	[mm]
<b>Re</b>	Mez kluzu	[MPa]
<b>Rm</b>	Mez pevnosti v tahu	[MPa]
<b>C</b>	Uhlík	
<b>Mn</b>	Mangan	
<b>P</b>	Fosfor	
<b>S</b>	Síra	
<b>Cu</b>	Měď	
<b>Ni</b>	Nikl	
<b>Fe</b>	Železo	
<b>Wt</b>	Váhové množství	[%]
<b>ZP 10</b>	Obchodní označení pigmentu fosfátu zinku	



## 0. ÚVOD

V dnešní době ochranné nátěrové systémy tvoří na světě více jak 85% všech systémů protikorozi ochrany. Povlaky nezabezpečují pouze protikorozi ochranu, ale i konečný vzhled a také mění některé funkční vlastnosti, z čehož vyplývá, že jsou nepostradatelnou součástí povrchových úprav. Z důvodu stále nově vyvíjených technologií a techniky jsou na povrchové úpravy kladeny stále vyšší nároky na kvalitu.

Vhodně předupravený povrch se významně podílí na odolnosti, životnosti a celkovém vzhledu nátěrového systému.

Nátěrové systémy chrání povrch substrátu především bariérovým způsobem. Po aplikaci nátěru se na podkladovém materiálu vytvoří tenký souvislý film, který jako bariéra brání přístupu agresivních složek z okolního prostředí k podkladovému materiálu. Pro lepší ochranné účinky nátěru se do nátěru přidávají antikorozi pigmenty. V současnosti se již nepoužívají toxické antikorozi pigmenty na bázi olova či chromanů, ale již existuje velká škála netoxických pigmentů. Jedním z nejpoužívanějších netoxických pigmentů je fosforečnan zinečnatý.

V teoretické části bakalářské práce jsou popsány jednotlivé předpovrchové úpravy, které je nutné provést před samotnou aplikací nátěrového systému a jejich ochrana nátěrovými systémy. Experimentální část práce je zaměřena na provedení zkoušek hodnotících vliv přilnavosti nátěrového systému k povrchu substrátu a jeho korozi odolnost.

# 1. POVRCH A JEHO VLASTNOSTI

Díky pokroku ve výrobních technologiích a současně s používáním nových výrobních postupů, metod a zařízení je stále více kladen důraz na vlastnosti povrchu a povrchové vrstvy součástí. Dříve se hodnocení textury povrchu používalo výhradně ve strojírenství. Dnes se tento obor postupně rozšiřuje do průmyslu elektronického, optoelektronického a okrajově i v biomedicině. Z důvodu zmenšujících se rozměrů součástí se klade větší důraz na kvalitu povrchu, jelikož podíl kvality povrchu ve vztahu k celkovému objemu součásti narůstá. [3, 4]

## 1.1. Definice povrchu

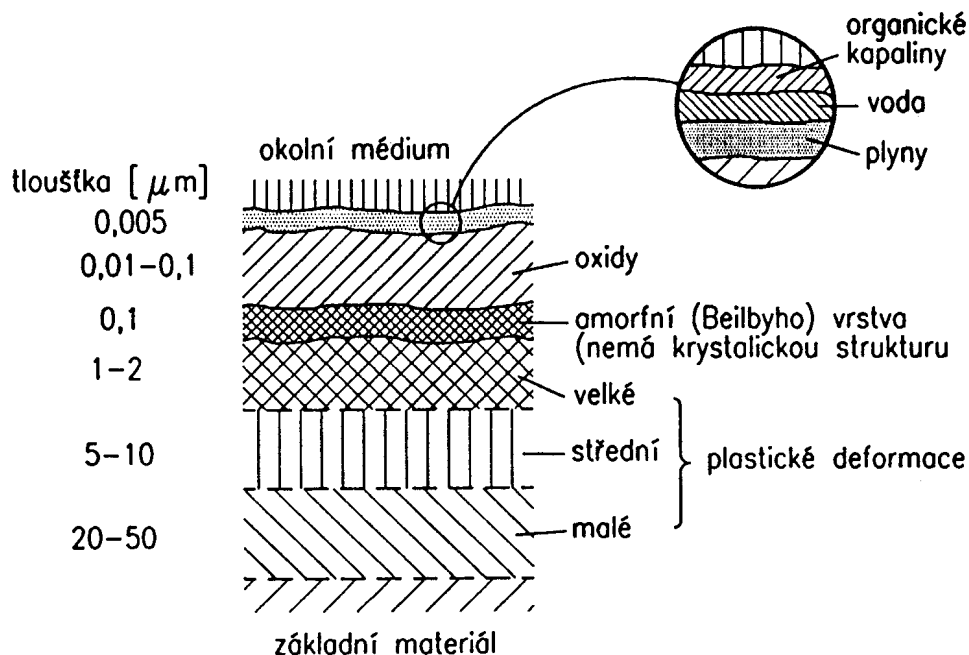
Povrch je obálka makroskopického rozhraní mezi dvěma rozlišnými prostředími. Mnohé vlastnosti tělesa souvisí s jeho povrchem jako je například drsnost povrchu, která ovlivňuje další fyzikální vlastnosti.

Fyzikální a mechanické vlastnosti větších těles s malým poměrem povrchu vůči objemu jsou dány především vlastnostmi základního materiálu. Naopak u menších těles jsou jejich vlastnosti ovlivněny hlavně jejich povrchem.

Vlastnosti skutečného povrchu nejsou dány pouze vnější vrstvou, ale také vrstvou směřující pod povrch. [3, 4]

**Tab.1.** Rozdělení oblastí povrchu [3]

OBLAST	POMĚR	FUNKČNÍ OVlivNĚNÍ
HORNÍ NANOVRSTVA	0,1 nm	Adsorbce, chemická reaktivita
TENKÝ FILM OXIDACE	0,1 ÷ 100 nm	Odrazivost, tření, koroze, tepelná vodivost
VNĚJŠÍ POVRCH. VRSTVA	0,1 ÷ 10 $\mu$ m	Deformace struktury
CELKOVÁ VRSTVA	> 100 $\mu$ m	Adheze, nátěry



**Obr.1.1.** Schéma řezu povrchovými vrstvami [3]

## 1.2. Mikrogeometrie povrchu

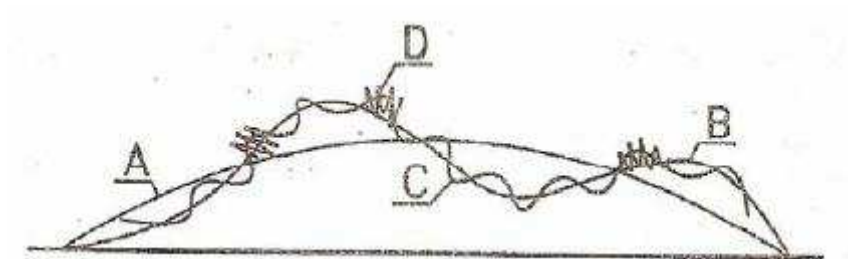
Geometrické vlastnosti povrchu jsou v mnoha případech stěžejní nebo velice důležité (optika, tření apod.). Jako dokonale rovinný povrch tělesa nelze brát ani povrch monokrystalů s úplnými atomovými rovinami. Polykrystalický materiál má mnohem více geometrických rozdílů než monokrystalický materiál z důvodu vytvoření vrstvy odlišných vlastností, struktury a někdy i složení.

Při výrobě či přípravě povrchu se mohou vytvářet odchylky od ideální rovinnosti. Mohou také vznikat i jako důsledek působení vnějších sil nebo prostředí. [4]

**Rozlišujeme 4 druhy nerovností:**

- **Mimořádné nerovnosti** (makronerovnosti) (A),  
→ Trhliny, náhodné nerovnosti odlitků a výkovků, nepravidelné trhliny,
- **Vlnitost povrchu** (B),  
→ Periodická opakující se nerovnost při chvění obráběcího stroje, součásti či nástroje,

- **Drsnost povrchu (C),**  
→ Periodická nerovnost ovlivněná technologickým pochodem,
- **Ultramikronerovnosti (D),**  
→ Vyskytují se na pravidelně se opakující nerovnosti. [1]



Obr. 1.2. Schéma nerovností [1]

### 1.3. Drsnost povrchu

Drsnost povrchu je periodická nerovnost ovlivněná technologickým pochodem. Do drsnosti se nezapočítávají vady povrchu, které jsou náhodné a vyskytují se jen ojediněle, jako jsou trhliny, rýhy, důlky apod..

Posuzuje se dle převládajícího směru nerovností, buď v příčném, nebo podélném směru. Drsnost povrchu je určena hodnotou  $R_a$  [mm], která představuje nejvyšší hodnotu střední aritmetické výšky profilu (povrchu).[6, 4]

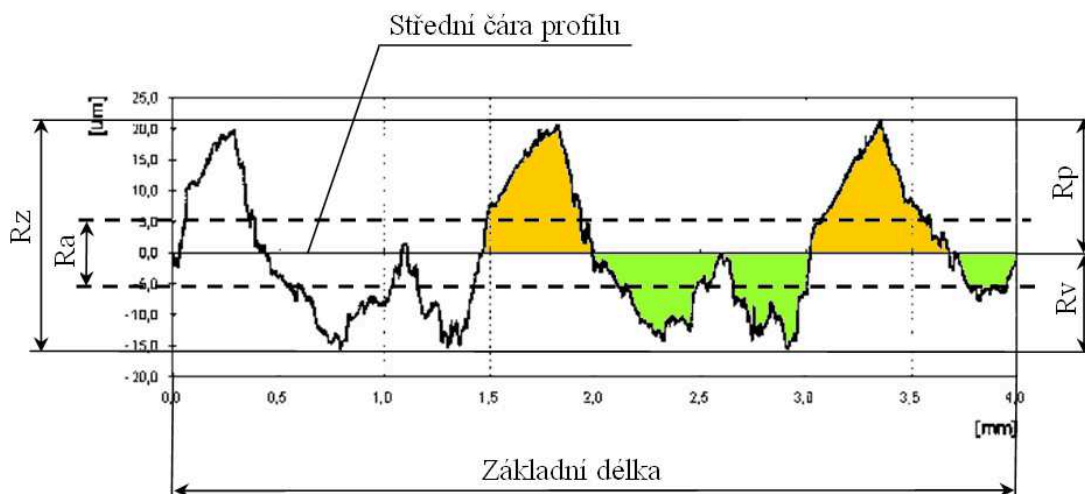
#### Jednotlivé parametry drsnosti: [9]

**$R_a$**  – průměrná aritmetická úchylka posuzovaného profilu [ $\mu\text{m}$ ],

**$R_z$**  – největší výška profilu [ $\mu\text{m}$ ],

**$R_p$**  – největší výška výstupku profilu [ $\mu\text{m}$ ],

**$R_v$**  – největší hloubka prohlubně profilu [ $\mu\text{m}$ ].



Obr. 1.3. Příklad profilu drsnosti [9]

**Profil povrchu: [6]**

Profil povrchu definujeme jako průsečnici skutečného povrchu a dané roviny.

**P-Profil** – základní profil

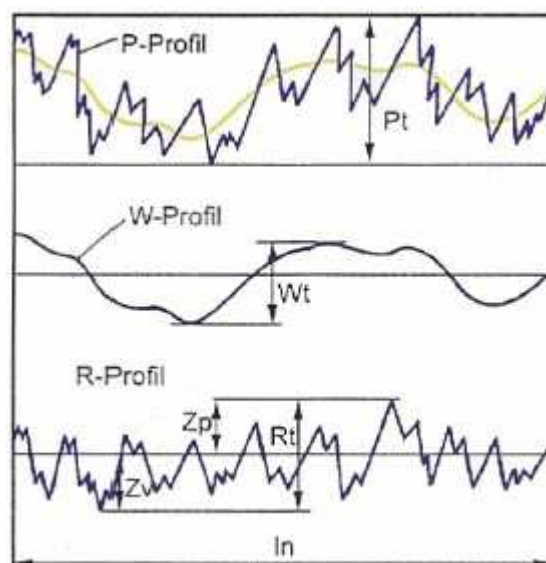
**Pt** – hloubky profilu

**W-Profil** – profil vlnitosti

**Rt** – nejvyšší hloubka drsnosti

**R-Profil** – profil drsnosti

**Wt** - hloubka vln



Obr. 1.4. Příklad profilu povrchu [6]

## 2. POVRCHOVÉ ÚPRAVY SUBSTRÁTU PŘED APLIKACÍ OCHRANNÉHO POVLAKU

### 2.1. Definice povrchových úprav

Povrchové úpravy materiálů jsou technologické procesy, kterými zdokonalíme vlastnosti povrchu, abychom dosáhli zvýšení odolnosti proti korozi, navýšení odolnosti vůči opotřebení, zlepšení třecích a elektrických vlastností apod..

Povrchovými úpravami docílíme změnu mikrogeometrie povrchu, struktury vrstev a vytvoření zcela nových povrchových vrstev, které se liší jiným chemickým složením a fyzikálními vlastnostmi. [2]

Před vytvořením nových povrchových vrstev je nutné provést předpovrchové úpravy materiálu. Správná příprava povrchu materiálu je základem úspěchu aplikovaného každého nátěrového systému.

Mezi předpovrchové úpravy materiálu patří technologické procesy, které odstraňují z povrchu materiálu před aplikací povlaku nečistoty za účelem získání technicky čistého povrchu. [1]

#### **Předpovrchové úpravy dělíme do dvou skupin:**

- Nečistoty vázané mechanicky,
  - Jsou to látky jako mastnoty, zbytky past, prach, okuje apod., odstraňujeme je odmašťováním,
- Nečistoty vázané chemicky,
  - Jsou to látky, jako oxidy, rez okuje apod., odstraňujeme je mořením nebo mechanickými úpravami jako tryskání, omílání, broušení, kartáčování a leštění.

## 2.2. Mechanické úpravy povrchu

Účelem mechanických úprav je odstranění nečistot z povrchu materiálu. Přípravení povrchu pro aplikaci povlaku, zvýšení odolnosti vůči korozi a zlepšení mechanických vlastností povrchu. [2]

### 2.2.1. Otryskávání

Otryskávání se používá nejen jako předprava povrchu před aplikací ochranných povlaků proti korozi, ale také jako konečná úprava povrchu. Touto technologií lze připravit povrch požadované jakosti. Není to pouze dokonalé očištění povrchu materiálu od rzi, okují a jiných nečistot, ale používá se i pro dosažení požadované mikrogeometrie a fyzikálně-mechanických vlastností povrchu. Při procesu otryskávání je aktivita povrchu způsobena silnými deformacemi povrchových vrstev a to má významný vliv na adhezi povlaku k původnímu materiálu. [1]

Z hlediska uspořádání nerovností spadá otryskaný povrch do skupiny neorientovaných-izotropních povrchů, jejichž charakter určuje tvar použitého zrna tryskačního materiálu. Další vliv na mikrogeometrii má mimo tvaru zrn také tvrdost, hmotnost a použitý materiál zrna. Kvantitativní účinek otryskání je způsoben jeho provedením, které ovlivňují – rychlost letu zrna, úhel dopadu a tvrdost materiálu. [2]

Částice působící na povrch zpravidla způsobují plastickou deformaci povrchové vrstvy substrátu. To má za následek zvýšení napětí v povrchových vrstvách, vysoké tlakové napětí, které je na tenké vrstvě povrchu substrátu rovnovážné s vnitřním tahovým napětím. Dále k plastickému toku v povrchu materiálu, čímž je způsobeno zpevnění materiálu. Dochází také k topografickým změnám navazujícím na napěťové kombinace.

Praktické využití těchto vlivů je proto například ve zpevnění strojních součástí jako ozubená kola, povrch ložisek apod.. [2]

Povrch upravený otryskáním se vyznačuje vysokou reaktivitou s okolím, což zapříčiňuje snadnou tvorbu oxidických filmů. Proto je nutné dodržet určitou dobu mezi otryskáváním a samotným nanášením povlaku tak, aby bylo dosaženo vhodné přilnavosti povrchu. [1]

#### **Používané materiály při otryskávání:**

- Křemičitý písek tříděný (ostrohranná zrna, pneumatické otryskávání do tlaku max. 0,3 MPa, (pouze za dodržení bezpečnostních předpisů při práci lze prostředek použít),
- Litinová drť (vysoká trvanlivost, lepší zrnitost + jakost, větší schopnost úběru),
- Brusiva (karbid křemíku, umělý korund, mají ostřejší zrna, provoz méně prašný),
- Sekaný drát (z uvedených materiálů má nejvyšší pevnost),
- Speciální materiály (pro dosažení matného či pololesklého povrchu – mědi, cínu, hliníku).



**a)**



**b)**

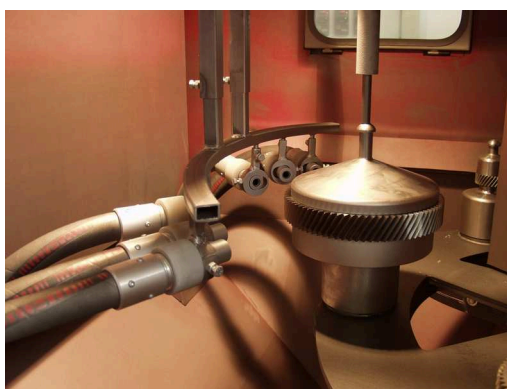
**Obr. 2.1.** a) Litinová drť, b) Křemičitý písek [7, 10]





**Obr. 2.3.** a) Umělý korund, Sekaný drát [11, 7]

Zařízení pro otryskávání se buď používají na bázi energie stlačeného vzduchu nebo mechanické energie rotujícího metacího kola. [2]



**Obr. 2.5.** Tryskací zařízení, stlačený vzduch [8]

### 2.2.2. Omílání

Omíláním se mechanicky upravují povrchy malých předmětů, založené na vzájemném odírání předmětů, omílajících těles, brusiva a kapaliny navzájem v otáčejícím se bubnu nebo zvonu.

Používá se především pro omílání menších předmětů oblých tvarů do váhy okolo 1 kg. Je možné omílat i větší a těžší předměty, ale je nutné je upevnit do přípravku v omílacích zařízeních.

Výhodami omílání je odstranění namáhavých ručních prací jako broušení a leštění. Snižují se výrobní náklady, zvyšuje se výrobnost a zároveň snižuje zmetkovitost. Dále se zpevňuje povrch a zvyšuje se korozní odolnost.

Nevýhodou je nerovnoměrný úběr z povrchu předmětu, který se nejvíce projevuje na hranách, z toho důvodu se nemohou omílat předměty u nichž otupení hran je poškozením výrobku.

Pro omílání se používá horizontálních bubnů nebo zvonů, které mají nakloněnou osu pod určitým úhlem. Používají se vibrační zařízení. Bubny bývají většinou šestihranné pro menší množství až dvanáctihranné pro větší množství. Pro leštění se používají bubny válcové.



**Obr. 2.6.** Omílací kruhový vibrátor [8]

Jako omílací tělesa se používají přírodní nebo umělé kameny. Omílací kameny časem ztrácejí ubírací schopnost z důvodu svého vyhlazování při procesu omílání. Proto se pro zvětšení úběru přidává vhodné brusivo (smírek, křemenný písek, pemza) [2]

**Při omílání se v bubnu tvoří dvě oblasti:**

- I. Nosná vrstva, která nese tvar prstence a sleduje stoupání stěny bubnu a v daném okamžiku se odděluje od stěny a klouže jako vrstva aktivní nebo padá na omílající se směs předmětů brusiva,
- II. Jádru se převaluje jen mírně, přičemž přechod mezi jednotlivými oblastmi není přesně oddělen.

### 2.2.3. Broušení, kartáčování, leštění

Tyto mechanické úpravy povrchu se používají před aplikací povlaku nebo také jako konečné úpravy. Pro kartáčování nebo leštění se povrch nejprve upraví broušením. Mezi broušením a leštěním povrchu lze jen velmi obtížně stanovit hranici.

Kartáčování slouží k odstranění hrubých nečistot (rez, starý nátěr), ale dá se použít i ke zjemnění povrchu před leštěním. Podle potřebné operace se volí kartáče s přírodními, umělými vlákny až po kartáče s ocelovými dráty.

Broušení je postupný úběr materiálu, při kterém se odstraňují hrubé nerovnosti. Hrubé broušení a hlazení mají odstranit větší a střední nerovnosti. Volba brusiva je závislá na broušeném materiálu. U hrubování ocelí se používá brusivo zrnitosti 46-80 a u hlazení 100-150. Pro broušení se používají brusné kotouče nebo pásy, na kterých je nalepené brusivo.

Leštěním se dosahuje konečné požadované jakosti povrchu. U galvanických povlaků se leštění používá pro získání lesku v mezioperacích na vrstvách Cu, Ni. Pro leštění se používají tvrdší látkové kotouče, na které se nanáší pasty. [2]

## 2.3. Chemické úpravy povrchu

Při chemických úpravách povrchu reagují chemická činidla s nečistotami na povrchu materiálu. Mezi chemické úpravy patří moření, odmašťování. [2]

### 2.3.1. Odmašťování

Odmašťování je proces, při kterém dochází k odstraňování usazených nečistot z povrchu materiálu, jenž mají k povrchu buď vazbu fyzikální nebo jsou vázány adhezními silami. Výsledkem odmaštění je očištění nečistot z povrchu materiálu a jejich převedením do roztoku či emulze. Velice důležité je zabránit jejich redepozici na povrchu materiálu. [1, 2]

**Rozdělení dle použitého odmašťovacího prostředku:**

- Alkalické roztoky,
- Organická rozpouštědla,
- Elektrolyticky,
- V neutrálních roztocích,
- Emulzí, opalem, ultrazvukem.

**2.3.2. Moření**

Moření je proces, při kterém se z povrchu materiálu odstraňují oxidické nečistoty rozpuštěním v kyselině. Kyselina proniká póry oxidického povlaku na fázové rozhraní oxidického kovu. Kyselina podleptává povlak a vodík, který se při rozpouštění kovu uvolňuje, způsobuje svým tlakem oddělování oxidické vrstvy od kovového materiálu.

Ocel se moří nejčastěji v kyselinách. Nejpoužívanější kyseliny jsou – kyselina sírová, solná a fosforečná. Nevýhodou při moření může být vznik vodíkové křehkosti, díky difundujícímu vodíku do kovu. Vodíková křehkost je potlačována použitím inhibitorů, které zpomalují rozpouštění oceli a zlepšují využití kyseliny. [1, 2]

### 3. VLIV POVRCHOVÉ ÚPRAVY NA ADHEZI POVLAKU

Adheze čili přilnavost je soubor chemických, fyzikálních a mechanických sil vztažených na jednotku plochy, kterými jsou dvě odlišné fáze vázány k sobě. Nebo-li jde o schopnost nátěrového systému a ocelového substrátu vytvářet mezi sebou pevnou vazbu. [9]

Adheze je velice důležitá součást vlastností systému - tenká vrstva – substrát. Závisí na typu substrátu a nátěrového systému, na technologii nanášení nátěrového systému a také na použité předúpravě povrchu substrátu.

**Adheze je podle vzniku popsána pěti následujícími mechanismy: [9]**

- **Mechanická adheze** – jde o tzv. suchý zip, kdy dvě fáze do sebe čistě mechanicky zapadají,
- **Chemická vazba** - dvě fáze spolu vzájemně vytváří sloučeninu a tak drží pohromadě,
- **Elektrostatická přitažlivost** - vzniká mezi dvěma opačně nabitými povrchy,
- **Difúzní adheze** - fáze vzájemně difundují do sebe,
- **Disperzní adheze** - je dána přitažlivostí Van der Waalsových sil.

#### 3.1. Nátěrové systémy – organické povlaky

Zabraňují korozi ocelových výrobků a konstrukcí. Zlepšují jejich životnost a to na bázi nátěrových hmot a plastů. Nátěrová ochrana před korozí je nejbezpečnější a ekonomicky nejvhodnější. Nátěry zabraňují přístupu vody a jiných agresivních složek k povrchu chráněného kovu. Protože nátěry nejsou nikdy bezpórovité, proto antikorozní pigmenty a inhibitory koroze zneškodňují agresivní složky, které prostupují vrstvou nátěru k povrchu. Tím se zabraňuje či případně zpomaluje koroze. Povlaky z plastických hmot nemají antikorozní pigmenty. Jejich povlaky musí být naprosto nepórovité, protože mechanismus ochranného působení je bezbariérový. [2]

### 3.1.1. Nátěrové hmoty a nátěry

Chrání povrch výrobku vytvořením povlaku. Nátěr je hotový, ucelený ochranný povlak jedné nebo více vrstev zaschlých nátěrových hmot na povrchu předmětu. [2]

#### **Rozdělení nátěru podle účelu:** [2]

- Ochranný (oleji vzdorný, vyšší teploty, povětrnost, mořská voda, chemické prostředí),
- Dekorativní,
- Signální (pro bezpečnostní návěští),
- Maskovací,
- Speciální (elektrovodivý, světélkující).

### 3.1.2. Složení nátěrových hmot

Jsou to organické látky různých druhů, které se nanášejí v tekutém nebo těstovitém stavu a vytvoří na výrobku film požadovaných vlastností. [2]

#### **Dělení:**

- **Transparentní,**  
→ Průhledný nátěrový film (lak, fermež),
- **Pigmentované,**  
→ Neprůhledný film (tmel, barva).

### 3.1.3. Rozdělení nátěrových hmot

Požadavků na vlastnosti nátěrových hmot je mnoho, proto je i sortiment velmi široký. [2]

#### **Podle filmotvorných složek:**

- A – asfaltové,
- B – polyesterové,
- C – celulóзовé,
- H – chlorkaučukové,
- K – silikonové,
- L – lihové,
- O - olejové,
- S – syntetické,
- U – polyuretanové,
- V – emulzní,

#### **Podle způsobu nanášení:**

- Stříkací,
- Nanášené štětcem,
- Nanášené stěrkou,
- Nanášené elektroforézou,
- Nanášené máčením  
a poléváním,

#### **Podle klimatické odolnosti:**

- Napouštěcí,
- Základní,
- Podkladové,
- Vrchní,

#### **Podle obsahu pigmentu:**

- Pigmentované,
- Transparentní,

#### **Podle zasychání:**

- Fyzikálně zasychající,
- Fyzikálně chemicky  
zasychající,

#### **Podle teploty zasychání:**

- Schnoucí na vzduchu – 20°C,
- Vypalovací – nad 100°C.

### 3.1.4. Složky nátěrových hmot

- **Filmotvorné složky,**
  - Netěkavé látky tvořící tenkou souvislou vrstvu a vážou disperbované částice pigmentu a plniv v zaschnutém filmu. Pojiva se liší chemickým složením a fyzikálními vlastnostmi. Požadované vlastnosti nátěru se často dosahují kombinováním různých pojiv (vysychavé oleje, přírodní živice, deriváty celulózy a kaučuku, asfalty),
- **Těkavé složky,**
  - Rozpouštějí pojiva při výrobě nátěrových hmot a na úpravu jejich viskozity v procesu aplikace. (benzín, alkoholy, ketony),
- **Pigmenty,**
  - Organické nebo anorganické částčky, které jsou rozptýleny v pojivě. Určují barevný odstín nátěru, krycí schopnost, tvrdost, zvyšují teplotní a korozní odolnost. (inhibitorové pigmenty, neutrální a stimulující pigmenty),
- **Plnidla,**
  - Jemně rozemleté minerální látky nerozpustné v pojidlech upravující technologické vlastnosti nátěrového povlaku (mastek, těživec, křída),
- **Aditiva,**
  - Zvláčňovadla jsou přísady do nátěrových hmot obsahující vysychavé oleje. Základní složkou jsou kovová mýdla nebo jejich roztoky v organických rozpouštědlech. [2]

### 3.1.5. Fosforečnan zinečnatý – antikorozi pigment pro ekologické nátěrové hmoty

Fosforečnan zinečnatý patří mezi antikorozi pigmenty. Antikorozi pigmenty lze definovat podle funkce inhibitoru koroze jako látky, které snižují rychlost koroze v korozním prostředí.



V minulosti se často používali sloučeniny na bázi olova a šestimocného chrómu. I přes vynikající účinnost při ochraně proti korozi se dnes již tyto látky nepoužívají, protože jsou považovány za toxické. Z ekologických důvodů začal vývoj dalších pigmentů, jejichž antikorozní účinnost je alespoň přibližně stejná a jsou zdravotně nezávadné. Fosforečnan zinečnatý je jedním ze zástupců netoxických antikorozních pigmentů a dnes jej řadíme mezi nepoužívanější.

Fosforečnan zinečnatý se svými antikorozními vlastnostmi nejvíce blíží inhibičně účinným chrománovým pigmentům. Princip inhibičního efektu fosfátových pigmentů, mezi které patří i fosforečnan zinečnatý, je založený na působení vlhkosti. Dochází zde k pomalé postupné hydrolyze fosfátu, přičemž vzniká hydroxid zinečnatý a sekundární fosfátové ionty. Tyto ionty mají schopnost vytvořit těžce rozpustné inhibiční komplexy.[5]



**Obr. 3.1.** Fosforečnan zinečnatý [12]

### 3.1.6. Nanášení nátěrových hmot

Jedním z nejdůležitějších faktorů, které ovlivňují jakost a celkovou životnost nátěrů je správná volba technologie nanášení. Je mnoho způsobů nanášení a každý má své výhody a nevýhody. Pro zvolení správného způsobu nanášení je nutné zhodnotit povahu nátěrové hmoty a natíraného předmětu. [2]

#### **Faktory pro volbu nanášecí technologie:** [2]

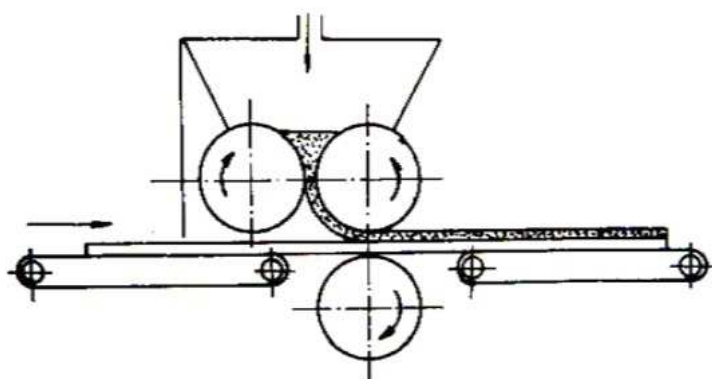
- Velikost, tvar a množství upravovaných předmětů,
- Finální požadované vlastnosti nátěru,
- Kvalita povrchu materiálu,
- Vlastnosti použitých nátěrových hmot,
- Pracnost a ekonomie jednotlivých technologií nanášení.

### Nanášení štětcem

Jedna z nejstarších metod. Výsledek závisí na zručnosti a svědomitosti natěračů. Stále jeden z nejpoužívanějších způsobů nanášení. Vyžaduje vhodné a udržované štětce. [2]

### Nanášení navalováním

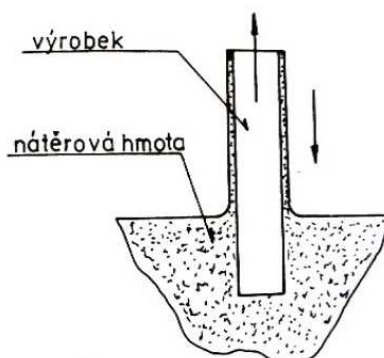
Vhodné pro nanášení nátěrových hmot na rovinné plochy (plechy, obaly, linolea). Princip navalovacích strojů je zřejmý z **Obr.3.2.** [2]



**Obr. 3.2.** Schéma odvalovacího zařízení – 3 válce [2]

### Nanášení namáčením

Předmět se ponoří do nádrže s nátěrem a poté se vynořuje rovnoměrnou rychlostí. Po vynoření přebytečná nátěrová hmota odteče a zbytek vytvoří nátěr předmětu [2]



**Obr. 3.3.** Schéma nanášení nátěrové hmoty namáčením [2]

### **Nanášení poléváním**

Je to obdoba máčení. Používá se u rozměrných výrobků. Nejsou potřebné rozsáhlé vany a výhodou jsou nižší ztráty a spotřeby nátěrových hmot. [2]

### **Nanášení pneumatickým stříkáním**

Dnes nejrozšířenější způsob nanášení. Je vhodný pro rychle schnoucí nátěrové hmoty. Vhodný také pro velké plochy, na nichž dosahuje rovnoměrného nástřiku a hladkého povrchu. Stříkání je vhodné pro automatizaci a mechanizaci výroby[2]



**Obr. 3.4.** Pneumatická stříkácí pistole [13]

## 4. NÁVRH METODIKY EXPERIMENTÁLNÍCH PRACÍ

### Experimentální materiál:

- Standardní testovací kovový panel (Standard) vyrobený z nízkouhlíkové oceli,

### Použitý nátěrový systém:

- Transparentní nátěr na bázi alkydové pryskyřice s přidáním antikorozního pigmentu fosforečnanu zinečnatého (obchodní označení ZP 10),

### Aplikace nátěrů na vzorky a jeho vytvrzení:

- Vysokotlaké stříkání (3 bar),
- Sušení - pec Premed KBC G-100/250,

### Experimentální práce:

- Chemický rozbor povrchu Standardu - elektronový mikroanalyzátor EDAX PHILIPS XL 30,
- Hodnocení zaprášenosti dle ČSN ISO 8502-3 (samolepící adhezní páska),
- Měření drsnosti povrchu dle normy ČSN EN ISO 4287 (drsnoměr Mitutoyo Surf-test-SJ 301),
- Kontrola tloušťky suché vrstvy dle ČSN EN ISO 2808 (Elcometer 456),

### Hodnocení přilnavosti a korozní odolnosti nátěrového systému:

- Zkouška přilnavosti mřížkovou metodou a křížový řez dle ČSN ISO 16276-2,
- Korozní zkouška dle ČSN ISO 9227 (vyhodnocení dle ČSN EN ISO 4628-1, EN ISO 4628-2, EN ISO 4628-3, EN ISO 4628-8).

## 5. EXPERIMENTÁLNÍ PRÁCE

### 5.1. Experimentální materiál

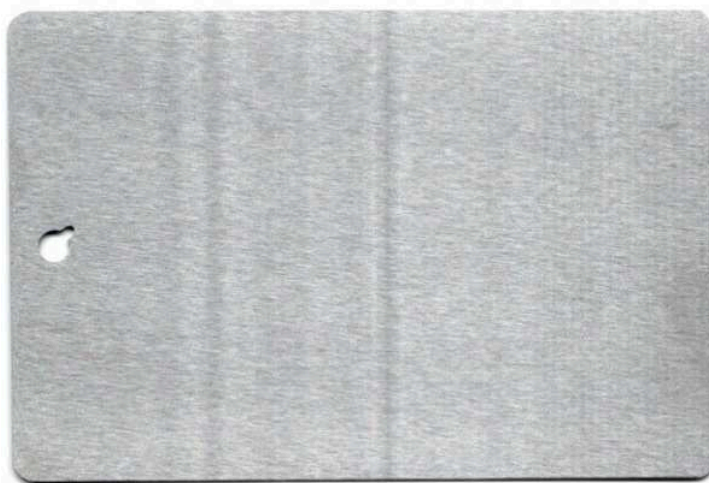
Jako experimentální podkladový materiál byly pro bakalářskou práci zvoleny standardní testovací kovové panely („Standards“) z nízkouhlíkové oceli typu – CRS SAE 1008/1010 o rozměrech 102 x 152 x 0,8 mm, které byly dodány firmou LABIMEX CZ s.r.o. a to ve stavu broušeném a odmaštěném.

**Tab. 2.** Mechanické vlastnosti vzorku CRS SAE 1008/1010

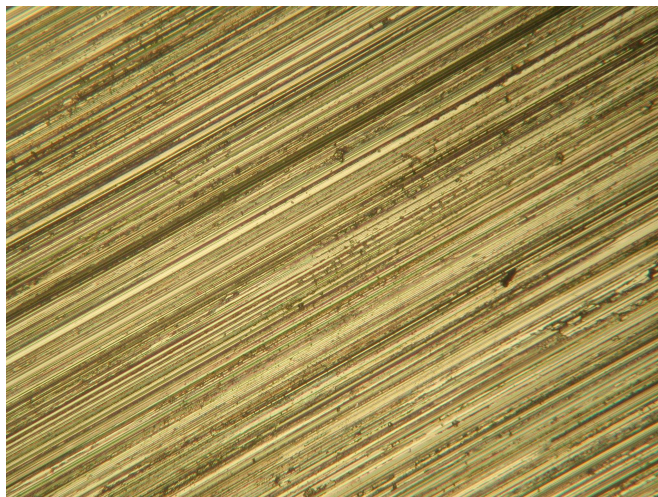
Mechanické vlastnosti	
Mez kluzu Re [MPa]	173
Mez pevnosti v tahu Rm [MPa]	275
Tažnost A5 [%]	30

**Tab. 3.** Chemické složení vzorku CRS SAE 1008/1010

Chemické složení				
Prvek	C	Mn	P	S
Obsah [%]	0,13 max	0,25 – 0,60 max	0,04 max	0,05 max



**Obr. 5.1.** Broušený vzorek – CRS SAE 1008/1010



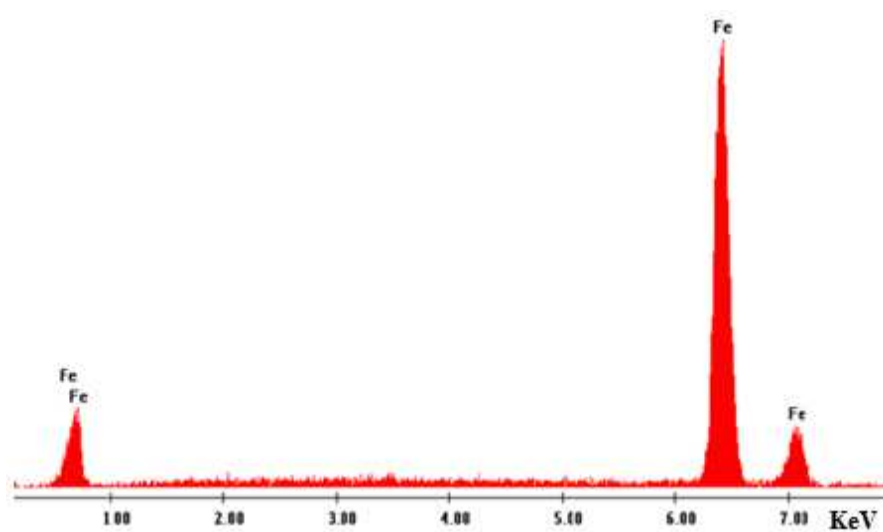
**Obr. 5.2.** Detail povrchu broušeného vzorku – (foceno na mikroskopu NEOPHOT 2, zvětšeno 100x)

## **5.2. Chemický rozbor povrchu pomocí řádkového elektronkového mikroanalyzátoru (SEM analýza)**

Chemický rozbor povrchů vzorků a chemický rozbor fosforečnanu zinečnatého byl proveden v centru nanotechnologií se sídlem na VŠB-TU Ostrava a byl uskutečněn na elektronkovém mikroanalyzátoru EDAX PHILIPS XL 30. Přístroj je určen k porovnávání rozmanitých typů povrchů.

Výsledný obraz je tvořen pomocí sekundárního signálu – odražených nebo sekundárních elektronů. Velkou výhodou je hloubka ostroty, která umožňuje nalézt jistý trojrozměrný aspekt na dvourozměrné fotografii. Další výhodou tohoto mikroskopu je, že v komoře preparátů vzniká při interakci urychlených elektronů s hmotou vzorku kromě výše uvedených signálů ještě řada dalších jako např. rentgenové záření a Augerovy elektrony, které nesou mnoho dalších informací o vzorku. Proto je možné určit např. chemické složení v dané oblasti vzorku a při porovnání s vhodným standardem určit i kvantitativní zastoupení jednotlivých prvků.

### 5.2.1. Chemický rozbor povrchu Standardu

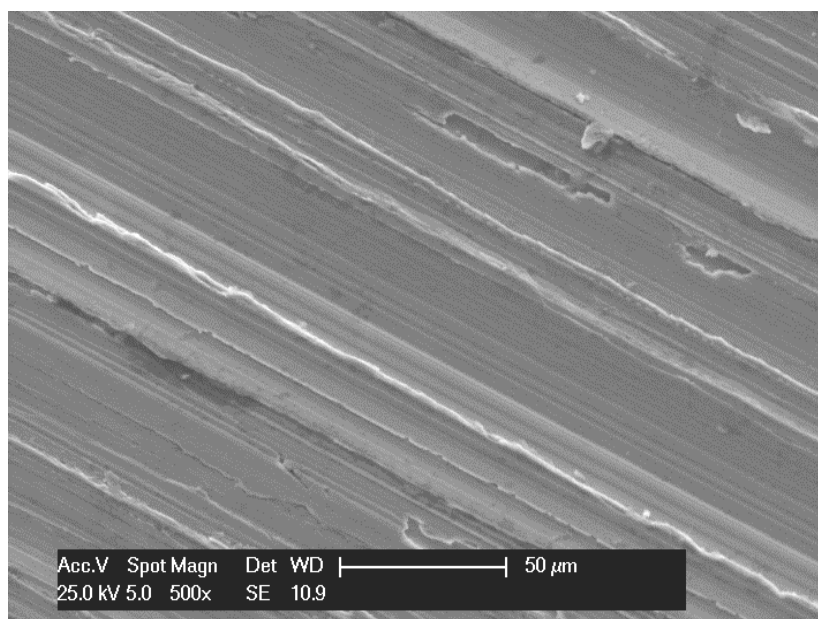


**Obr. 5.3.** Graf chemické analýzy povrchu Standardu

**Tab. 4.** Chemický rozbor povrchu Standardu

Prvek	Fe
Wt (%)	100

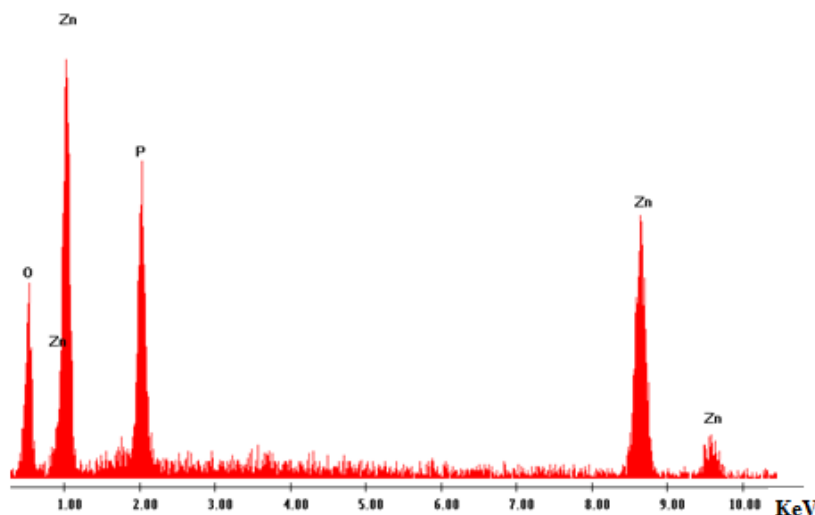
Wt (%) – Váhové množství



**Obr. 5.4.** Fotodokumentace povrchu Standardu (zvětšeno 500x)

Chemický rozbor z plochy vzorku Standardu byl proveden na elektronovém mikroanalyzátoru EDAX PHILIPS XL 30. Z chemické analýzy a grafického znázornění byl zjištěn chemický rozbor – Fe 100%, tzn., na povrchu nebyla přítomnost žádných nečistot nebo zamaštění.

### 5.2.2. Chemický rozbor fosforečnanu zinečnatého



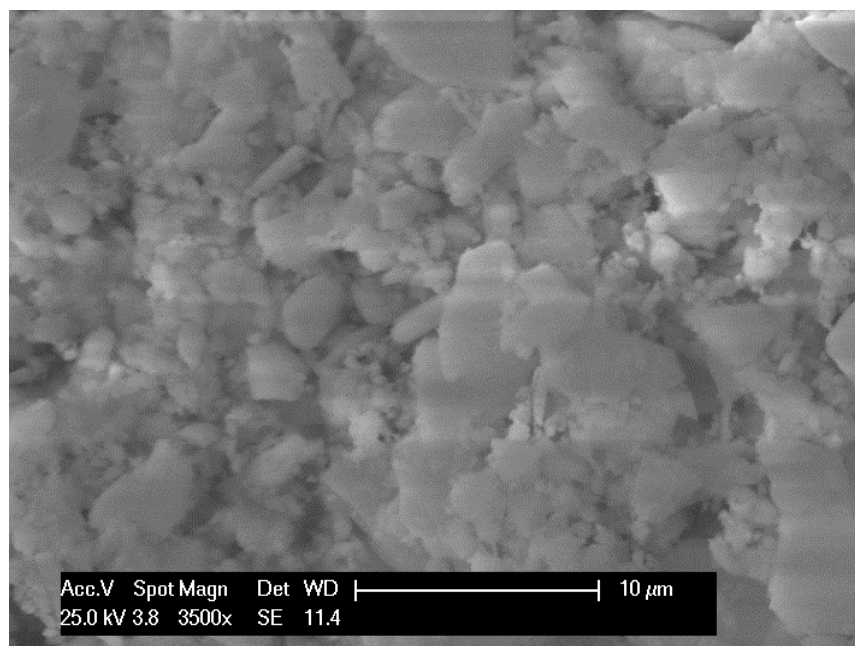
**Obr. 5.5** Graf chemické analýzy mikročástic fosforečnanu zinečnatého

**Tab. 5.** Chemický rozbor mikročástic fosforečnanu zinečnatého

Prvek	Wt (%)
O	30,37
P	17,22
Zn	52,41

Wt (%) – Váhové množství





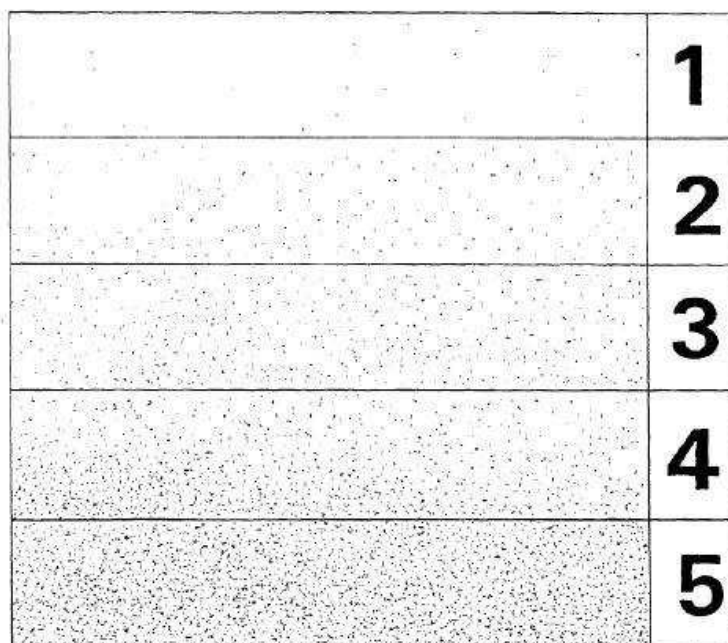
**Obr. 5.6.** Fotodokumentace mikročástic fosforečnanu zinečnatého (zvětšeno 3500x)

Chemický rozbor mikročástic fosforečnanu zinečnatého byl proveden na elektronovém mikroanalyzátoru EDAX PHILIPS XL 30. Z chemické analýzy a grafického znázornění byl zjištěn chemický rozbor – O 30,37%, P 17,22% a Zn 52,41%.

### 5.3. Hodnocení zaprášenosti dle ČSN ISO 8502-3

Pro vyhodnocení množství prachu na povrchu vzorku byla použita samolepící adhezční páska. Páska byla nalepena na ocelový povrch poté přitlačena a sejmuta pod úhlem 90°.

Sejmutá páska se zachycenými částicemi prachu byla nalepena na kontrastní papír. Poté byla provedena vizuální kontrola zachyceného prachu a hodnotila se třída velikosti prachových částic (viz **Tab. 4**) a množství prachových částic (viz **Obr. 6.7**). Pro vyhodnocení byla použita lupa.



**Obr. 5.7.** Obrazová stupnice odpovídající množství prachu ČSN ISO 8502-3 [20]

**Tab. 6.** Třídy velikosti prachových částic dle ČSN ISO 8502-3 [20]

Třída	Popis prachových částic
0	Částice neviditelné při zvětšení 10x
1	Částice viditelné při zvětšení 10x, ale ne prostým okem (obvykle částice menší než 50 $\mu\text{m}$ v průměru)
2	Částice již viditelné prostým okem (obvykle částice mezi 50 $\mu\text{m}$ a 100 $\mu\text{m}$ v průměru)
3	Částice jasně viditelné prostým okem (částice do 0,5 mm v průměru)
4	Částice mezi 0,5 mm a 2,5 mm v průměru
5	Částice větší než 2,5 mm v průměru

**Tab. 7.** Vyhodnocení zaprášenosti dle ČSN ISO 8502-3

Vzorek	Třída velikosti prachových částic	Množství prachových částic
Standard	0,0,0	1,0,1

Z dosažených výsledků je zřejmé, že třída velikosti prachových částic i množství prachových částic je minimální což zvyšuje předpoklad pro dobré ukotvení nátěrového systému.

#### 5.4. Měření drsnosti povrchu dle normy ČSN EN ISO 4287

Drsnost povrchu byla naměřena přístrojem MITUTUOYO SURFTEST-SJ 301. Přístroj byl nastaven na hodnoty  $\lambda c = 0,8$  mm a  $L = 4$  mm. Měření bylo provedeno dle ISO 1997.

- $\lambda c$  – filtr profilu, který definuje rozhraní mezi složkami drsnosti a vlnitosti,
- $L$  – délka měřeného úseku.

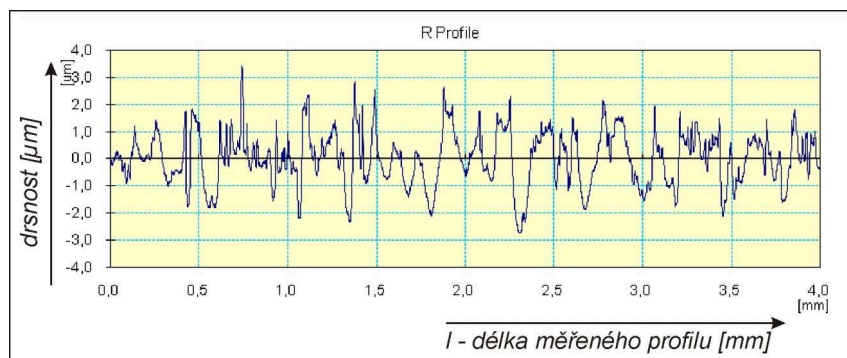
Výsledný profil povrchu materiálu byl získán dotykovou metodou pomocí diamantového snímacího hrotu. Drsnoměr byl přiložen k pevně ukotvenému vzorku, aby bylo možné po dotyku odečíst naměřené hodnoty. Z LCD displeje byly odečteny naměřené hodnoty a zapsány do tabulky. Provádělo se 10 měření na každém vzorku a po zapsání naměřených hodnot do tabulky byl vypočítán aritmetický průměr a zjištěna maximální a minimální hodnota jednotlivých měření.

**Parametry struktury povrchu, které byly předmětem měření:**

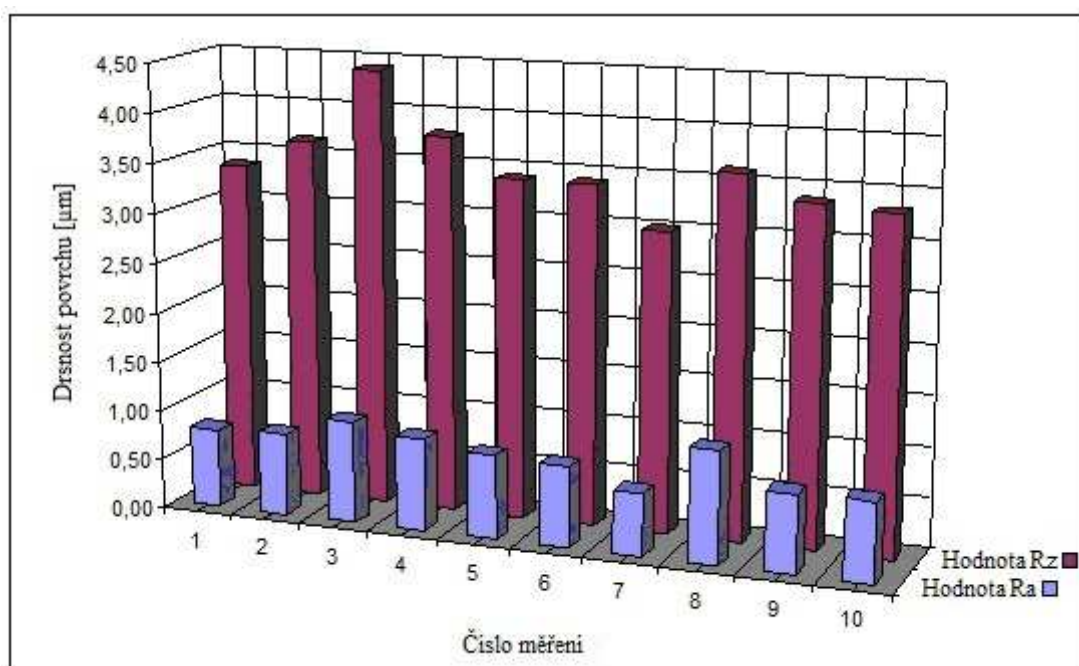
- $R_a$  – průměrná aritmetická úchylka posuzovaného profilu [ $\mu\text{m}$ ],
- $R_z$  – největší výška profilu [ $\mu\text{m}$ ],
- $R_q$  – střední kvadratická úchylka profilu [ $\mu\text{m}$ ],
- $R_p$  – největší výška výstupků profilu [ $\mu\text{m}$ ],
- $R_v$  – největší hloubka prohlubní profilu [ $\mu\text{m}$ ],
- $R_{sk}$  – šikmost posuzovaného profilu (součinitel asymetrie) [-],
- $R_{ku}$  – špičatost posuzovaného profilu [-].

**Obr. 5.8.** Přenosný drsnoměr MITUTUOYO8 SURFTEST-SJ 301**Tab. 8.** Naměřené hodnoty drsnosti

Vzorek	Standard						
Parametry	$\lambda_c = 0,8 \text{ mm}$		$L = 4 \text{ mm}$				
Měření	$R_a$ [ $\mu\text{m}$ ]	$R_z$ [ $\mu\text{m}$ ]	$R_q$ [ $\mu\text{m}$ ]	$R_p$ [ $\mu\text{m}$ ]	$R_v$ [ $\mu\text{m}$ ]	$R_{sk}$ [-]	$R_{ku}$ [-]
1	0,80	3,35	1,01	2,73	2,08	0,00	2,92
2	0,82	3,64	1,08	3,23	2,02	0,62	3,93
3	1,03	4,40	1,31	4,02	2,54	0,49	3,69
4	0,93	3,78	1,14	2,84	2,19	0,48	2,77
5	0,84	3,40	1,06	3,06	2,48	0,04	3,23
6	0,81	3,41	1,02	2,59	2,44	-0,15	3,08
7	0,63	3,00	0,82	2,52	2,12	0,30	3,96
8	1,13	3,61	1,32	2,75	2,15	0,27	2,11
9	0,79	3,37	0,99	2,44	2,14	0,22	2,15
10	0,80	3,33	0,99	2,56	2,18	-0,02	2,84
Max hod.	1,13	4,4	1,32	4,02	2,54	0,62	3,96
Min. hod.	0,63	3	0,82	2,44	2,02	-0,15	2,11
Prům. hod.	0,86	3,53	1,07	2,87	2,23	+	3,07



**Graf 5.1.** Naměřené drsnosti povrchu



**Graf 5.2.** Porovnání hodnot parametrů drsnosti Ra a Rz

Z naměřených hodnot jsou nejdůležitější hodnoty Ra [ $\mu\text{m}$ ] a Rz [ $\mu\text{m}$ ], které jsou zobrazeny v grafu (viz. **Graf 5.2**). Měření probíhalo na obroušených a odmaštěných vzorcích Standard. Průměrná hodnota parametru drsnosti Ra byla 0,86 [ $\mu\text{m}$ ] a parametru drsnosti Rz 3,53 [ $\mu\text{m}$ ]. Z toho vyplývá, že jak podle průměrné hodnoty Rz, která se nejčastěji používá v praxi, tak i podle průměrné hodnoty Ra se podklad jeví jako ideální pro ukotvení nátěrového systému.

## 5.5. Použitý nátěrový systém

Použitý nátěrový systém je transparentní nátěr na bázi alkydové pryskyřice s přidáním mikročástic fosforečnanu zinečnatého (obchodní značení ZP 10). Nátěrový systém je transparentní a vodou ředitelný s malým obsahem VOC látek (organické těkavé látky). Používá se např. jako dočasná antikorozi ochrana pro ocel.

Pro experimentální práci byly do nátěrového systému přimíchány částice antikorozi pigmentu fosforečnanu zinečnatého s firemním označením ZP 10 v klasickém mikro rozměru o obsahu 1-2 hm. %, 3-5 hm. % a 5-7 hm. % částic ZP 10. Mikročástice ZP 10 byly namlety na rozměr 2-3  $\mu\text{m}$ . Do nátěrového systému byly přimíchány ve formě vodní suspenze. Což znamená, že byly smíchány v daném poměru s destilovanou vodou (26% pigmentu a 74% destilované vody), bylo to provedeno z důvodu lepší aplikace nátěrového systému na povrch vzorků (mikročástice přimíchané ve formě prášku tvořily po nastříkání na povrchu hrudky). Míchání nátěrových hmot proběhlo pomocí míchadla IKA RW16 Basic. Míchání probíhalo 30 min. při 600 ot/min. Takto připravené nátěrové hmoty se nechaly ustálit po dobu 12 - 24 hodin.

Vznikly tak 3 druhy nátěrového systému s různým obsahem ZP 10 a byly označeny jako sady vzorků SM2, SM4 a SM6.

## 5.6. Aplikace nátěrů na vzorky

Připravené nátěrové hmoty byly nanесeny na podkladový povrch Standardu pomocí vysokotlakého stříkání v jedné vrstvě v tloušťce mokré vrstvy 150  $\mu\text{m}$ , která byla průběžně kontrolována hřebenovou měrkou firmy BASTRO o rozsahu 25 – 2000  $\mu\text{m}$ .

## 5.7. Vytvrzování (sušení) nátěrů

Po nastříkání jedné vrstvy nátěrového systému na vzorky byly vzorky 1 hodinu sušeny na vzduchu a poté byly vloženy do pece PREMED KBC 6-100/250, kde byly vytvrzovány při teplotě 80°C po dobu 6 hodin. Poté byly vzorky vyjmuty z pece a ochlazeny na vzduchu.

## 5.8. Kontrola tloušťky suché vrstvy dle ČSN EN ISO 2808

Měření tloušťky suché vrstvy nátěrového systému se uskutečnilo dle normy ČSN EN ISO 2808. Po vytvrzení nátěrového systému byla měřena vrstva aplikovaného nátěru pomocí přístroje ELCOMETER 456 (rozsah měření 0 až 1500  $\mu\text{m}$ ).

Tato metoda je nedestruktivní a je založená na principu elektromagnetické indukce, což znamená, že tato metoda je použitelná pouze pro měření elektricky vodivých podkladových substrátů.

Na každém vzorku bylo provedeno 10 měření a naměřené hodnoty byly zapsány do tabulky. Z naměřených hodnot byla určena průměrná hodnota.



**Obr. 5.9.** Měřicí přístroj ELCOMETER 456

**Tab. 9.** Naměřené hodnoty suché vrstvy

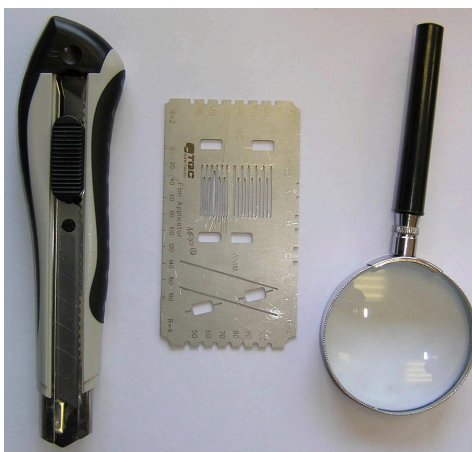
Měření suché vrstvy			
Měření	Vzorek		
	SM2 [ $\mu\text{m}$ ]	SM4 [ $\mu\text{m}$ ]	SM6 [ $\mu\text{m}$ ]
1	64,4	59,2	53,6
2	61,5	59,3	58,5
3	63,2	66,7	63,7
4	61,2	58,3	57,1
5	60,1	57,7	61,1
6	62,1	61,1	63,3
7	61,4	62,3	62,7
8	55,7	61,5	62,2
9	59,5	61,8	59,7
10	61,2	61,4	65,5
<b>Prům. hod.</b>	<b>61,03</b>	<b>60,93</b>	<b>60,74</b>

## 5.9. Zkouška přilnavosti mřížkovou metodou a křížovým řezem dle ČSN ISO 16276-2

Pro zkoušku přilnavosti nátěrového systému na ocelový substrát byly použity destruktivní měřicí metody – mřížka a křížový řez. Zkoušky probíhaly dle normy ČSN ISO 16276-2.

### Zkušební prostředky a pomůcky:

- Řezný nůž ELCOMETER 1542,
- Vodící šablona,
- Průhledná samolepící páska šířky 50 mm,
- Měkký štětec,
- Lupa.



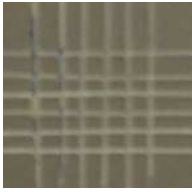
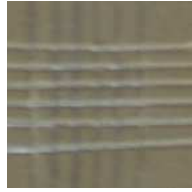
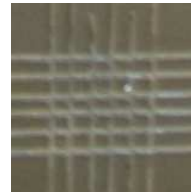
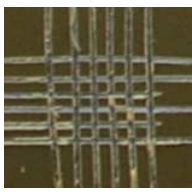
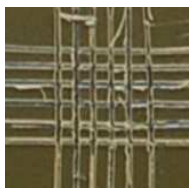
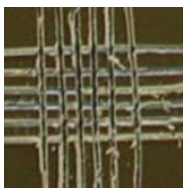
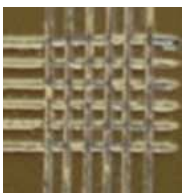
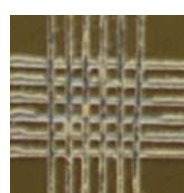
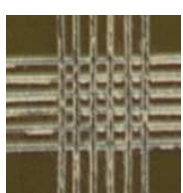
**Obr. 5.10.** Zkušební prostředky a pomůcky

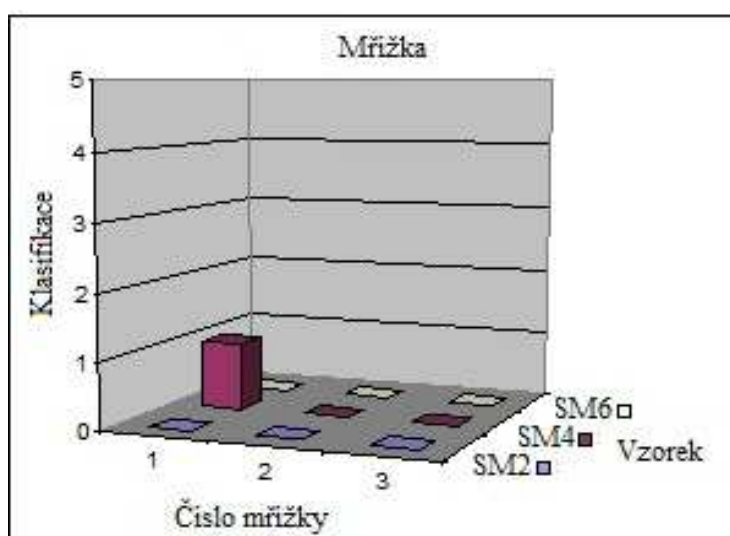
### 5.9.1. Mřížka

Pomocí vodící šablony bylo vyhotoveno na vzorek 6 řezů do nátěrového systému. Poté se šablona otočila o 90° a kolmo na předešlé řezy se zhotovil stejný počet řezů, tak aby se vytvořila mřížka. Vytvořená mřížka se očistila měkkým štětcem a poté byla na mřížku nalepena samolepící průhledná páska. Abychom zajistili dobrý kontakt s řezy byla páska lehce uhlazena prsty. Poté se páska strhla z povrchu přibližně pod úhlem 60° a byla nalepena na kontrastní podložku. Po nalepení na kontrastní položku bylo provedeno vizuální hodnocení lupou. Na každém vzorku byly vytvořeny 3 mřížky.



**Tab. 10.** Vyhodnocení mřížkové zkoušky

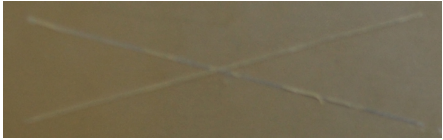
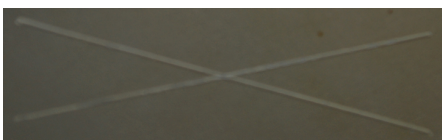
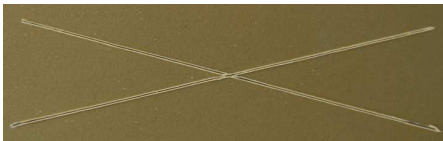
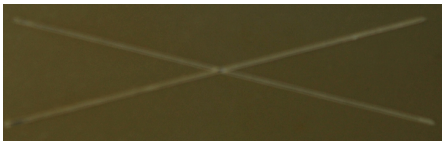


Vzorek	Zkouška mřížkou		
SM2			
Hodnocení	0	0	0
Prům. hod.	0		
SM4			
Hodnocení	1	0	0
Prům. hod.	0,3		
SM6			
Hodnocení	0	0	0
Prům. hod.	0		

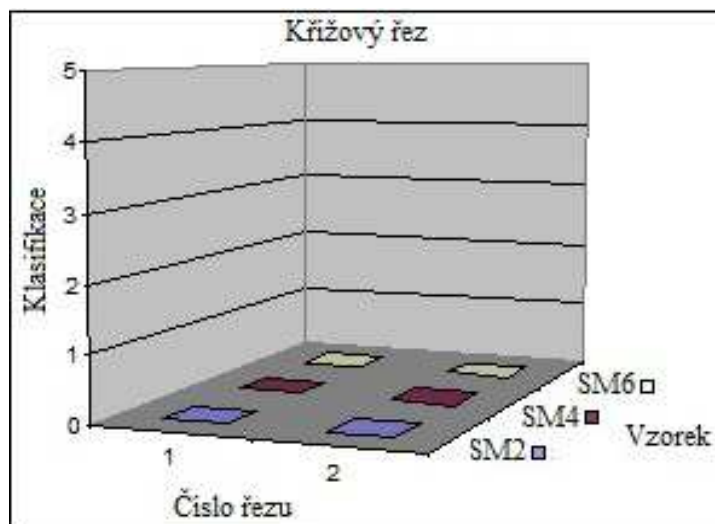
**Graf 5.3.** Klasifikace zkoušky mřížkou

### 5.9.2. Křížový řez

Pomocí vodící šablony byl do nátěrového systému zhotoven šikmý řez. Poté se šablona otočila o  $180^\circ$  a pod úhlem  $30^\circ$  byl vytvořen další řez na předešlý, tak aby společně vytvořily kříž. Vytvořený kříž se očistil měkkým štětcem a poté byla na kříž nalepena samolepící průhledná páska. Abychom zajistili dobrý kontakt s řezy byla páska lehce uhlazena prsty. Poté se páska strhla z povrchu přibližně pod úhlem  $60^\circ$  a byla nalepena na kontrastní podložku. Po nalepení na kontrastní položku bylo provedeno vizuální hodnocení lupou. Na každém vzorku byly vytvořeny 2 křížové řezy.

**Tab. 11.** Vyhodnocení zkoušky křížovým řezem

Vzorek	Zkouška mřížkou hodnocení	
SM2		
Hodnocení	0	0
Prům. hod.	0	
SM4		
Hodnocení	0	0
Prům. hod.	0	
SM6		
Hodnocení	0	0
Prům. hod.	0	



**Graf 5.4.** Klasifikace zkoušky křížovým řezem

Z výsledků zkoušky mřížkou a křížovým řezem lze usoudit, že kvalita přilnavosti nátěrového systému u všech vzorků je velice dobrá.

### 5.10. Korozní zkouška dle ČSN ISO 9227

Korozní zkouška byla provedena v solné korozní komoře LIEBISCH S400 M-RT. Zkouška byla provedena dle normy ČSN EN ISO 9227 a poté vyhodnocena podle normy ČSN EN ISO 4628-1 až 8.

Před vložením vzorků do korozní komory byly oblepeny okraje jednotlivých vzorků izolepou z důvodu vzniku primární koroze, která se má tendenci v těchto místech vytvářet. Do pece bylo vloženo celkem 6 vzorků a to vzorky se sady SM2, SM4, SM6 bez vertikálního řezu a s vertikálním řezem. Vertikální řez byl o velikosti 7 cm umístěn ve středu vzorků. Poté byly vzorky vloženy do korozní komory a byly pozorovány a fotografovány po jednotlivých cyklech 8 hod, 16 hod, 24 hod, 48 hod a 72 hod (viz. **Tab. 12.**).

**Tab. 12.** Návrh určení korozní odolnosti

Korozní odolnost (48 hod cca 8 měsíců)	
Simulovaná doba v korozní komora	Realita - skutečnost
720 h	cca 10 let
120h	cca 20 měsíců
72 h	cca 1 rok
6 h	cca 1 měsíc

**Provozní podmínky solné komory LIEBISCH S400 M-TR:**

- Tlak vzduchu  $3 \div 4$  bar,
- Tlak vody  $2,5 \div 3$  bar,
- Průtok vody 0,45 l/hod,
- Teplota prostředí  $35 \pm 2$  °C,
- Teplota navlhčovače 55 °C,
- Vlhkost 100 %,
- Solná mlha - 5 % neutrální vodní roztok NaCl.

**5.10.1. Vyhodnocení degradace nátěru**

Vyhodnocení bylo provedeno podle norem ČSN EN ISO 4628-1, ČSN EN ISO 4628-2, ČSN EN ISO 4628-3 a ČSN EN ISO 4628-8.

**Tab. 13.** Vyhodnocení degradace nátěru

Značení vzorků	Počet hodin v korozní komoře	Vzorky bez řezu		Vzorky s řezem		
		Stupeň puchýřkování	Stupeň prorezavění	Stupeň puchýřkování	Delaminace / Koroze	Intenzita změny
SM2	Před vložením	0(S0)	Ri0(S0)	0(S0)	0/0	0
SM4		0(S0)	Ri0(S0)	0(S0)	0/0	0
SM6		0(S0)	Ri0(S0)	0(S0)	0/0	0
SM2	Po 8 hod	0(S2)	Ri0(S0)	0(S0)	0/0	1
SM4		1(S1)	Ri5(S1)	0(S0)	1/2	2
SM6		0(S0)	Ri5(S1)	0(S0)	0/1	2
SM2	Po 16 hod	0(S1)	Ri0(S0)	0(S0)	0/0	1
SM4		1(S1)	Ri5(S1)	0(S0)	1/2	2
SM6		1(S1)	Ri5(S1)	0(S0)	0/2	2
SM2	Po 24 hod	1(S2)	Ri1(S0)	1(S1)	0/0	1
SM4		1(S1)	Ri5(S1)	2(S2)	2/1	3
SM6		2(S1)	Ri5(S1)	2(S1)	1/2	2
SM2	Po 48 hod	2(S2)	Ri1(S0)	1(S0)	1/0	1
SM4		3(S3)	Ri5(S2)	1(S2)	2/3	4
SM6		3(S2)	Ri5(S1)	3(S1)	2/2	3
SM2	Po 72 hod	2(S2)	Ri2(S1)	1(S1)	1/0	2
SM4		4(S4)	Ri5(S3)	3(S2)	3/4	5
SM6		3(S3)	Ri5(S2)	3(S2)	2/3	4

### 5.10.2. Fotodokumentace vzorků před vložením do korozní komory



**Obr. 5.11.** Fotodokumentace vzorků SM2, SM4 a SM6 před vložením do korozní komory

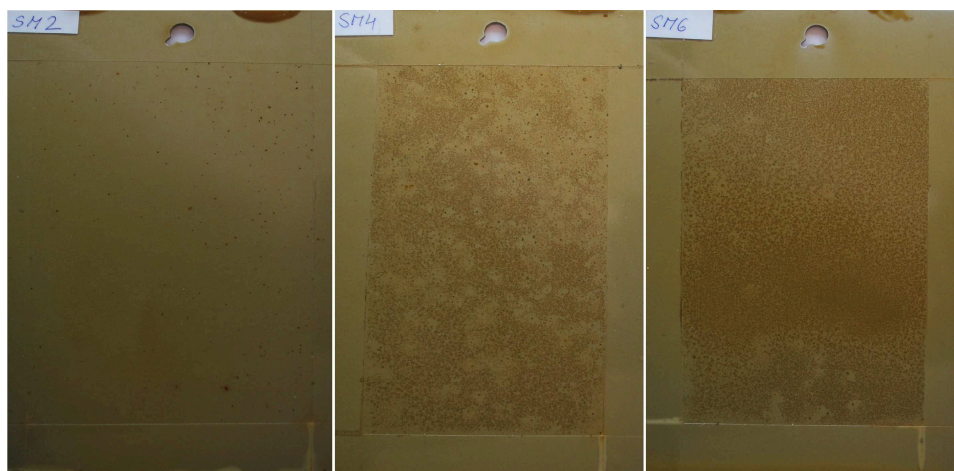


**Obr. 5.12.** Fotodokumentace vzorků SM2, SM4 a SM6 s vertikálním řezem před vložením do korozní komory

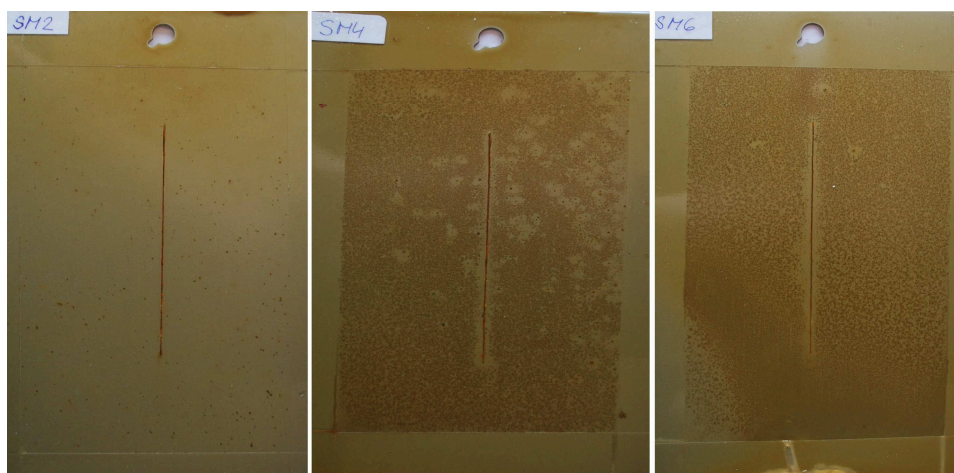
Všechny vzorky byly před vložením do korozní komory zcela bez korozní degradace nátěru a to jak vzorky bez řezu tak i s řezem.



### 5.10.3. Fotodokumentace vzorků po 24 hod. v korozní komoře

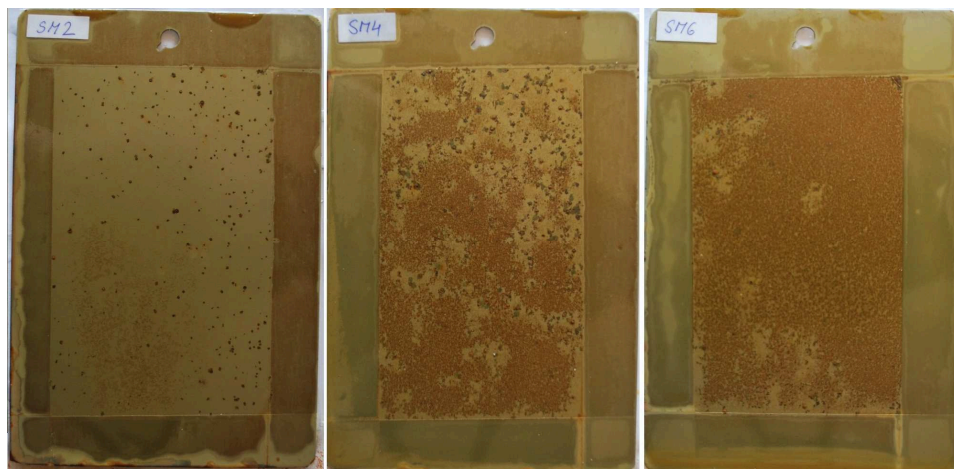
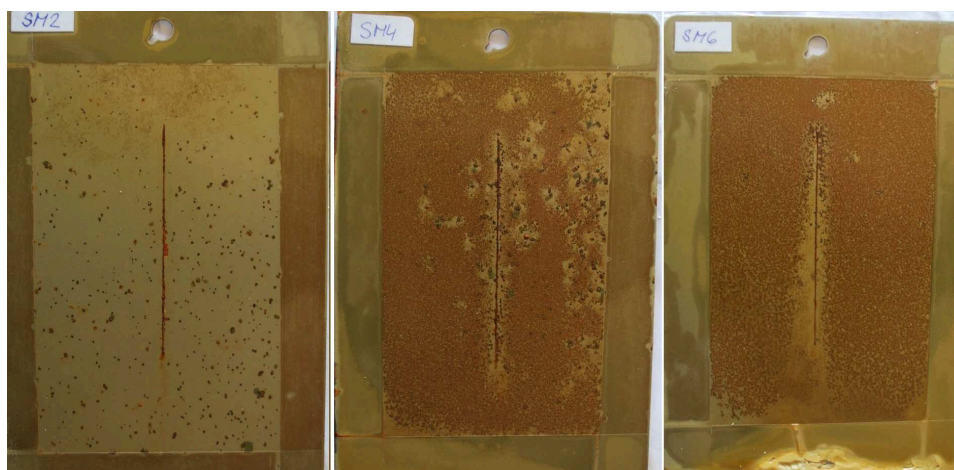


**Obr. 5.13.** Fotodokumentace vzorků SM2, SM4, SM6 po 24 hod. v korozní komoře



**Obr. 5.14.** Fotodokumentace vzorků SM2, SM4 a SM6 s vertikálním řezem po 24 hod.  
v korozní komoře

Po 24 hod působení v korozní komoře, vykazovaly všechny vzorky SM4 a SM6 vysoký nárůst prerezávání s menším počtem puchýřků. Vzorek SM2 bez řezu měl prerezávání stále nulové s nárůstem podkorodování. Vzorek SM2 s řezem byl vyhodnocen 1. stupněm jak prerezávání tak i podkorodování.

**5.10.4. Fotodokumentace vzorků po 72 hod. v korozní komoře****Obr. 5.15.** Fotodokumentace vzorků SM2, SM4, SM6 po 72 hod. v korozní komoře**Obr. 5.16.** Fotodokumentace vzorků SM2, SM4 a SM6 s vertikálním řezem po 72 hod.  
v korozní komoře

Po 72 hod v korozní komoře bylo patrné velké prorezavění u vzorků SM4 a SM6. Stupeň podkorodování byl nejvyšší u vzorku SM4 a to jak s řezem tak bez řezu, zvýšený výskyt puchýřků byl i u vzorků SM6. Vzorek SM2 vykazoval malý nárůst prorezavění s vyšším stupněm podkorodování a to jak s řezem tak i bez řezu.

## 6. ZÁVĚR

Bakalářská práce je zaměřena na studium vlivu povrchových úprav na přilnavost nátěrového systému na povrch substrátu.

Teoretická část práce je vypracována za účelem seznámení se s pojmy a metodami povrchových úprav povrchu substrátu, které jsou potřebné k experimentální části. Jsou zde popsány vlastnosti, charakteristika ocelového substrátu a definice povrchu. Dále jsou zde prostudovány jednotlivé technologie pro úpravy povrchu před aplikací nátěrového systému. Což jsou mechanické a chemické úpravy povrchu, které odstraňují nežádoucí nečistoty z povrchu např. otryskávání a odmašťování. Poslední kapitola popisuje nátěrové systémy a jejich aplikaci na povrch substrátu. V této kapitole jsou také popsány vlastnosti a princip inhibičního efektu fosforečnanu zinečnatého. Fosforečnan zinečnatý nebo-li fosfát zinku s obchodním označením ZP10, který byl použit v experimentální části při přípravě nátěrového systému aplikovaného na vybrané vzorky byl přimíchán jako antikorozi netoxický pigment.

Cílem experimentální části práce bylo porovnat vlastnosti nátěrového systému na bázi alkydové pryskyřice s příměsí antikorozi pigmentu fosforečnanu zinečnatého o obsahu 1-2 hm %, 3-5 hm. % a 5-7 hm.% na přilnavost k povrchu ocelového substrátu.

Experimentální práce byly provedeny na vzorcích Standard typu CRS SAE 1008/1010, které byly dodány firmou LABIMEX CZ s.r.o, které jsou dodávány v broušeném a odmaštěném stavu. Na dodaných vzorcích byla provedena kontrola zaprášenosti povrchu pomocí samolepící adhezni pásky. Po provedení zkoušky byly výsledné hodnoty zaznamenány a vyhodnoceny (viz. **Tab. 5**). Z dosažených výsledků je zřejmé, že třída velikosti prachových částic i množství prachových částic je minimální, což zvyšuje předpoklad pro dobré ukotvení nátěrového systému.

Na vzorcích Standard byla měřena drsnost povrchu. Výsledky byly zapsány do tabulky a byla určena maximální, minimální hodnota jednotlivých měření a aritmetický průměr. Z naměřených hodnot byl zhotoven graf naměřené drsnosti (viz. **Graf 5.1.**). Z naměřených hodnot jsou nejdůležitější hodnoty Ra [ $\mu\text{m}$ ] a Rz [ $\mu\text{m}$ ], které jsou zobrazeny v grafu (viz. **Graf 5.2**). Měření proběhlo na obroušených a odmaštěných vzorcích Standard. Průměrná hodnota Ra byla 0,86 [ $\mu\text{m}$ ] a Rz 3,53 [ $\mu\text{m}$ ]. Z toho



vyplývá, že jak podle průměrné hodnoty  $R_z$ , která se nejčastěji používá v praxi, tak i podle průměrné hodnoty  $R_a$  se zdá podklad ideální pro ukotvení nátěrového systému.

Jednotlivé sady vzorků byly označeny podle aplikovaného nátěrového systému s různým obsahem fosforečnanu zinečnatého a to s obsahy 1-2 hm. % jako SM2, 3-5 hm. % jako SM4 a 5-7 hm. % jako SM6. Nátěrové systémy byly na vzorky aplikovány vysokotlakým stříkáním. Po aplikaci nátěru byly vzorky vytvrzovány (sušeny) po dobu 6 hodin.

Dále se v experimentální části práce provedly na vzorcích s aplikovaným nátěrem zkoušky hodnotící kvalitu přilnavosti daného nátěrového systému k povrchu substrátu, a to mřížková zkouška, křížový řez a zkouška korozní odolnosti v solné mlze. Na vybraných vzorcích byly provedeny dle normy 2 křížové řezy a 3 mřížky, poté vyhodnoceny a zapsány do tabulek (viz. **Tab.10.** a **11.**). Vyhodnocení proběhlo pomocí lupy. V případě křížových řezů byla klasifikace poškození nulová u mřížek byla klasifikace 1. stupně poškození pouze na jedné mřížce a to u vzorku SM4 jinak byla nulová. Z dosažených výsledků je zřejmé, že kvalita přilnavosti k povrchu substrátu je velmi dobrá u všech typů vzorků s danými povlaky nátěrových systémů.

Zkouška korozní odolnosti probíhala v korozní komoře, která simuluje korozní prostředí (viz. **Tab. 12.**). Vzorky byly vloženy do korozní komory v na 72 hodin. Po 8, 16, 24, 48 a 72 hodinách byly kontrolovány, dokumentovány a vyhodnocovány dle norem ČSN EN ISO 4628-1 až 8. Získané hodnoty byly zaneseny do tabulky (viz. **Tab. 13.**). Po zhodnocení dosažených výsledků po jednotlivých časových etapách vyplynulo, že nejvhodnější nátěrový systém je s obsahem 1-2 hm.% fosforečnanu zinečnatého. Kde korozní napadení a podkorodování nátěru na vzorku bez příčného řezu a s příčným řezem (SM2) bylo nejmenší. Což mohlo být způsobeno tím, že se nátěrový systém ředil vodou nebo byly částice ZP 10 navlhle a tím ztratily své funkční vlastnosti. Čemuž by se dalo zabránit použitím zcela vysušeného ZP 10 a zvolením jiné ředící kapaliny než je voda.

Z dosažených výsledků provedené zkoušky přilnavosti i zkoušky korozní odolnosti je patrné, že nejvhodnějším použitým nátěrovým systémem, je nátěrový systém s obsahem 1-2 hm. % mikročástic ZP 10.

Práce byla zpracována za podpory projektu MŠMT KONTAKT ME 08083.

## Seznam použité literatury

- [1] PODJUKLOVÁ, J. *Speciální technologie povrchových úprav I*. Učební texty, VŠB – TU Ostrava, 1994, 1. vydání, 71s., ISBN 80-7078-235-8
- [2] MOHYLA, M. *Technologie povrchových úprav kovů*. Učební texty VŠB - TU Ostrava, 2006, 3. vyd. 156 s. ISBN 80-248-1217-7
- [3] BUMBÁLEK, L.; BUMBÁLEK, B.: *Pokrokové trendy v hodnocení textury povrchu, Kvalita a Geometrické specifikace produktů*, Vol.1, (2005), No.1, pp.3, ISSN 1801-5352, VUT Brno.
- [4] KRAUS, V. *Povrchy a jejich úpravy*. Plzeň : Západočeská univerzita, 2000. 174 s. ISBN 80-7082-668-1
- [5] SUCHÁNKOVÁ, Kateřina. *Studium vlivu povrchové úpravy kovového substrátu pro aplikaci povlaku obsahující nanočástice*. Ostrava: 2010, 85 s. Diplomová práce na VŠB-TU Ostrava, Fakulta strojní, katedra mechanické technologie, vedoucí bakalářské práce Podjuklová J.

### Elektronické zdroje:

- [6] Katedra strojírenské technologie technické univerzity v Liberci [online]. 2012 [cit. 2012-01-20]. *Povrchy povlaků - mikrogeometrie*. Dostupné z WWW: <[http://www.ksp.tul.cz/cz/kpt/obsah/vyuka/stud\\_materialy/spt/povrchy%20povlaku.pdf](http://www.ksp.tul.cz/cz/kpt/obsah/vyuka/stud_materialy/spt/povrchy%20povlaku.pdf)>
- [7] I.D.D. abrasive s.r.o. [online]. 2012 [cit. 2012-01-20]. *Výroba ocelových a litinových granulátů*. Dostupné z WWW: <<http://idda.cz/oceloved.htm>>
- [8] Rosler [online]. 2012 [cit. 2012-01-20]. *Vývoj, výroba a prodej strojů pro omílání a otryskávání*. Dostupné z WWW: <<http://www.rosler-povrchove-upravy.czhttp://idda.cz/oceloved.htm>>
- [9] Metal 2007 [online]. 2012 [cit. 2012-02-18]. *VLIV ZMĚNY DRSNOSTI POVRCHU NA PŘÍLNAVOST ORGANICKÝCH*. Dostupné z WWW: <[http://www.metal2012.com/files/proceedings/metal\\_07/Lists/Papers/182.pdf](http://www.metal2012.com/files/proceedings/metal_07/Lists/Papers/182.pdf)>

- [10] Sand System [online]. 2012 [cit. 2012-02-18]. *Křemičité písky přírodní*. Dostupné z WWW: <<http://www.sandsystem.cz/vyroby/kremicite-pisky-prirodni/>>.
- [11] ABRA NOVA s.r.o. [online]. 2012 [cit. 2012-02-18]. *Brusné a tryskácké materiály*. Dostupné z WWW: <<http://www.abranova.cz/brusne-materialy.htm>>.
- [12] Wikipedie-otevřená encyklopedie [online]. 2012 [cit. 2012-03-10]. Fosfát zinečnatý. Dostupné z WWW: <<http://sr.wikipedia.org>>.

### **Normy:**

- [13] ČSN EN ISO 2409: *Nátěrové hmoty – Mřížková zkouška*. Praha: Český normalizační institut, 2007.
- [14] ČSN EN ISO 4287: *Geometrické požadavky na výrobky (GPS) – Struktura povrchu*. Praha: Český normalizační institut, 1998.
- [15] ČSN EN ISO 2808: *Nátěrové hmoty – Stanovení tloušťky nátěru*. Praha: Český normalizační institut, 2007.
- [16] ČSN EN ISO 16276-2: *Ochrana ocelových konstrukcí proti korozi ochrannými nátěrovými systémy – Hodnocení a kritéria přijetí, adheze/koheze (odtrhová pevnost) povlaku – Část 2: Mřížková zkouška a křížový řez*. Praha: Český normalizační institut, 2008.
- [17] ČSN ISO 8502-3: *Příprava ocelových podkladů před nanesením nátěrových hmot a obdobných výrobků – Zkoušky pro hodnocení čistoty povrchu – Část 3: Stanovení prachu na ocelovém povrchu připraveném pro natírání*. Praha: Český normalizační institut, 1996.
- [18] ČSN EN ISO 4628-1: *Nátěrové hmoty - Hodnocení degradace nátěrů - Klasifikace množství a velikosti defektů a intenzity jednotných změn vzhledu - Část 1: Obecný úvod a systém klasifikace*. Praha: Český normalizační institut, 2004.
- [19] ČSN EN ISO 4628-2: *Nátěrové hmoty - Hodnocení degradace nátěrů - Klasifikace množství a velikosti defektů a intenzity jednotných změn vzhledu - Část 2: Hodnocení stupně puchýřkování*. Praha: Český normalizační institut, 2004.

- [20] ČSN EN ISO 4628-3: *Nátěrové hmoty - Hodnocení degradace nátěrů - Klasifikace množství a velikosti defektů a intenzity jednotlivých změn vzhledu - Část 3: Hodnocení stupně prorozavění*. Praha: Český normalizační institut, 2004.
- [21] ČSN EN ISO 4628-8: *Nátěrové hmoty - Hodnocení degradace nátěrů - Klasifikace množství a velikosti defektů a intenzity jednotlivých změn vzhledu - Část 8: Hodnocení stupně delaminace a koroze v okolí řezu*. Praha: Český normalizační institut, 2005.

## Seznam obrázků

<b>Obr. 1.1.</b> Schéma řezu povrchovými vrstvami.....	11
<b>Obr. 1.2.</b> Schéma nerovností.....	12
<b>Obr. 1.3.</b> Příklad profilu drsnosti.....	13
<b>Obr. 1.4.</b> Příklad profilu povrchu.....	13
<b>Obr. 2.1.</b> a) Litinová drť.....	16
<b>Obr. 2.2.</b> b) Křemičitý písek.....	16
<b>Obr. 2.3.</b> a) Umělý korund.....	17
<b>Obr. 2.4.</b> b) Sekaný drát.....	17
<b>Obr. 2.5.</b> Trysk. zařízení, stlačený vzduch.....	17
<b>Obr. 2.6.</b> Omílací kruhový vibrátor.....	18
<b>Obr. 3.1.</b> Fosforečnan zinečnatý.....	25
<b>Obr. 3.2.</b> Schéma odvalovacího zařízení – 3 válce.....	26
<b>Obr. 3.3.</b> Schéma nanášení nátěrové hmoty namáčením.....	26
<b>Obr. 3.4.</b> Pneumatická stříkáčková pistole.....	27
<b>Obr. 5.1.</b> Vzorek – CRS SAE 1008/1010.....	29
<b>Obr. 5.2.</b> Detail povrchu vzorku – zvětšeno 100x.....	30
<b>Obr. 5.3.</b> Graf chemické analýzy povrchu Standardu.....	31
<b>Obr. 5.4.</b> Fotodokumentace povrchu Standardu.....	31
<b>Obr. 5.5.</b> Graf chemické analýzy mikročástic fosforečnanu zinečnatého.....	32
<b>Obr. 5.6.</b> Fotodokumentace mikročástic fosforečnanu zinečnatého.....	33
<b>Obr. 5.7.</b> Obrazová stupnice odpovídající množství prachu ČSN ISO 8502-3.....	34
<b>Obr. 5.8.</b> Přenosný drsnoměr MITUTUOYO16 SURFTEST-SJ-301.....	36
<b>Obr. 5.9.</b> Měřicí přístroj ELCOMETER 456.....	39
<b>Obr. 5.10.</b> Zkušební prostředky a pomůcky.....	40
<b>Obr. 5.11.</b> Vzorky SM2, SM4 a SM6 před vložením do korozní komory.....	45
<b>Obr. 5.12.</b> Vzorky SM2, SM4 a SM6 s vertikálním řezem před vložením do korozní komory.....	45
<b>Obr. 5.13.</b> Vzorky SM2, SM4, SM6 po 20 hod. v korozní komoře.....	46
<b>Obr. 5.14.</b> Vzorky SM2, SM4 a SM6 s vertikálním řezem po 20 hod. v korozní komoře.....	46
<b>Obr. 5.15.</b> Vzorky SM2, SM4, SM6 po 72 hod. v korozní komoře.....	47
<b>Obr. 5.16.</b> Vzorky SM2, SM4 a SM6 s vertikálním řezem po 72 hod. v korozní komoře.....	47

## Seznam tabulek

<b>Tab. 1.</b> Rozdělení oblastí povrchu.....	10
<b>Tab. 2.</b> Mechanické vlastnosti vzorku CRS SAE 1008/1010.....	29
<b>Tab. 3.</b> Chemické složení vzorku CRS SAE 1008/1010.....	29
<b>Tab. 4.</b> Chemický rozbor povrchu Standardu.....	31
<b>Tab. 5.</b> Chemický rozbor mikročástic fosforečnanu zinečnatého.....	32
<b>Tab. 6.</b> Třídy velikosti prachových částic dle ČSN ISO 8502-3.....	34
<b>Tab. 7.</b> Vyhodnocení zaprášenosti dle ČSN ISO 8502-3.....	35
<b>Tab. 8.</b> Naměřené hodnoty drsnosti.....	36
<b>Tab. 9.</b> Naměřené hodnoty suché vrstvy.....	39
<b>Tab. 10.</b> Vyhodnocení zkoušky mřížkou.....	41
<b>Tab. 11.</b> Vyhodnocení zkoušky křížovým řezem.....	42
<b>Tab. 12.</b> Návrh určení korozní odolnosti.....	43
<b>Tab. 13.</b> Vyhodnocení degradace nátěru.....	44

## Seznam grafů

<b>Graf. 5.1.</b> Naměřené drsnosti povrchu Standardu.....	37
<b>Graf. 5.2.</b> Porovnání hodnot parametrů drsnosti Ra a Rz.....	37
<b>Graf. 5.3.</b> Klasifikace zkoušky mřížkou.....	41
<b>Graf. 5.4.</b> Klasifikace zkoušky křížovým řezem.....	43

## **PODĚKOVÁNÍ**

Děkuji paní doc. Ing. Jitce Podjuklové, Csc., za možnost vypracovat bakalářskou práci pod jejím odborným vedením a za poskytnutí cenných rad při psaní této práce.

Za pomoc při experimentální části této práce, konzultace, poskytnutí technických informací děkuji slečně Ing. Sylvii Kopaňákové.